

ISSN 1346-7328
国総研資料 第 826 号
平成27年3月

国土技術政策総合研究所資料

**TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management**

No. 826

March 2015

平成 26 年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集

Report of the Lecture Meeting of NILIM (2014)

国土交通省 国土技術政策総合研究所

**National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan**

平成26年度 国土技術政策総合研究所講演会講演集

Report of the Lecture Meeting of NILIM(2014)

概要

本資料は、「平成26年度国土技術政策総合研究所講演会」の講演内容をまとめたものである。

キーワード : 講演会、国土技術政策総合研究所

Synopsis

This report summarizes the Lecture Meeting of NILIM held in 2014.

Key Words : Lecture Meeting, NILIM

目 次

第1章 開会の挨拶	1
所長 岩崎 泰彦	
第2章 特別講演「社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか」	4
東京都市大学副学長・総合研究所教授 三木 千壽 (現：東京都市大学学長・総合研究所教授)	
第3章 一般講演	
3.1 国総研の最近の話題	42
研究総務官 藤田 光一	
3.2 【特別セッション(防災)】すぐに役立つ土砂災害対策	56
土砂災害研究部長 渡 正昭	
3.3 国民・社会の要請に応えるための建築分野の取り組み	70
建築研究部長 五條 渉	
3.4 防災都市づくりのための研究開発の最新動向と今後の展開	84
都市研究部長 金子 弘	
3.5 2050年に向けた建築分野における温室効果ガス排出低減の鍵	96
住宅研究部長 澤地 孝男	
3.6 IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意	105
沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武	
3.7 東アジア地域を中心とした輸送円滑化方策に関する研究	113
港湾研究部長 小泉 哲也	
3.8 空港民営化における地震リスクマネジメント手法の開発 とインフラ管理効率化への取り組み	121
空港研究部長 菅沼 史典	
3.9 激甚化する水災害へのITC戦略	129
河川研究部長 鳥居 謙一	
3.10 下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向	140
下水道研究部長 高島 英二郎	
3.11 すぐに役立つ道路交通データ、交通安全対策、LCA技術	148
道路交通研究部長 森 望	
3.12 分野横断的研究の推進～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～	159
防災・メンテナンス基盤研究センター長 高野 匡裕	
3.13 【特別セッション(維持管理)】すぐに役立つ道路構造物の維持管理	170
道路構造物研究部長 真下 英人	
第4章 閉会の挨拶	187
副所長 山本 浩	
参考	
1 パンフレット	189
2 リーフレット	190

第1章 開会の挨拶

所長 岩崎 泰彦

第1章 開会の挨拶（所長 岩崎 泰彦）

皆さん、おはようございます。きょうは大変お忙しいところ、たくさんの方にお集まりいただきまして本当にありがとうございます。またお集まりをいただいた皆様方には日頃からご支援・ご協力を賜っております。重ねてお礼を申し上げたいと思います。

きょうは、国総研というのはいったい何をやっているのかなと言うように皆さんお考えだと思いますけれども、その活動についてご紹介する場でございます。大きく言います

と5つの柱、そして4つの活動ということで行っております。しかしその話に入ります前に12月にも入りましたから、今年1年をちょっと振り返ってみたいと思います。

今年1年はさまざまな課題が明瞭になった、そして同時にそういった課題に対して見過ごすのではなくて、それに立ち向かっていこうという活動が始まった年だのように思っています。例えば人口減少ということで、今年5月に日本創成会議という所から人口減少がそのまま進むと、2050年には地方の都市は維持できなくなるというような非常にショッキングなレポートができました。これに関しては、国土交通省も7月には「国土のグランドデザイン 2050」というレポートを発表しました。これはネットワーク+コンパクトということで、都市機能を集中させてそれを交通網でつなげていくということを柱にしたものでございます。

また、政府においても、全省庁が一体になりまして「まち・ひと・しごと創生本部」というのを作って、国をあげて地方の創生に取り組んでいくということになりました。またご想像の通り8月20日に広島で大変痛ましい土砂災害がございました。これに関しても、先の臨時国会におきまして土砂法（土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律（平成12年法律第57号））の改正が行われております（平成26年11月19日公布）。事前に行った調査を公表するとか、あるいは危険区域においては災害が起きたときにいかにうまく避難をするか、そういった計画を作ることが義務付けられたところです。

さらには維持管理についてでございますけれども、今年の4月に省令改正（「道路法施行規則の一部を改正する省令（平成26年国土交通省令第39号）」及び「トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示（平成26年国土交通省告示第426号）」）が行われて、例えば道路の橋梁等につきましては5年に1度の近接目視点検が義務付けられたということでございます。

こういったさまざまな課題、そして国際的に見ますと地球温暖化といった課題もございます。こ



写真-1 所長 岩崎 泰彦

ういった課題の解決に取り組んでいくのが国総研でございます。正式に言いますと「国土技術政策の企画立案に関する研究調査を行う」ということが、われわれの任務というようになっております。

いま現在取り組んでいる研究については、大きく言うと5つの柱でございます。

1つが先程言いました社会資本の維持管理に関する話。これはどういうことをやっているかということをご紹介しますと、例えば点検を行う場合は点検要領（例えば、道路橋定期点検要領（平成26年6月））、これは国土交通省が通達等を発出しますが、その基礎となる内容については国総研がとりまとめる。あるいは、できた後にさまざまな研修等を行うことになりましても、そういったテキストを作っているのが国総研でございます。

それから2つ目のテーマでございますのが、これは減災・防災、危機管理。先ほど土砂災害の話もございましたけれども、いかに災害の危険箇所を予め掴んで、また災害が発生する直前においてその兆候を掴んで住民の皆さんにお知らせをする。あるいは、災害が発生した後は、人命救助等を速やかに行うために技術的な助言を行ったり、早期復旧に向けての取り組みを支援すると、そういった研究をしています。

それから3つ目でございます。これについてはいま多くのストックがあるわけです。この社会資本をいかに有効に、賢く使っていかと、そういった研究。例えばITSなどがあります。さまざまな車の動きなどを把握して渋滞のない、あるいは安全な交通社会を作って行こうと、そういった研究がございます。

それから4つ目でございます。これについては、地球環境です。地球温暖化という話がございませけれども、省エネの社会を作っていくためにはいかに取り組んでいくのか、住宅の省エネ化も含めまして、さまざまな研究に取り組んでいるところでございます。

そして最後に5つ目でございますが、我々様々なものを作ったり、あるいはそれを保全していくわけでございますけれども、仕事の進め方のイノベーション。品確法（公共工事の品質確保の促進に関する法律（平成17年法律第18号））というのが今年改正（平成26年6月4日公布）になりましたけれども、入札契約の仕組み、方法、そういったもののイノベーションから、きょうはお集まりの皆さんコンサルの方とか、ゼネコンの方、そして自治体の方、さらに直轄の職員の皆さんもいらっしゃると思いますけれども、いかに生産性の高い取り組みをして、効率的に仕事を進めていか、そういったことを進めております。

こういった5つのテーマについてお話をしましたけれども、具体的な活動でございませけれども、われわれは次の4つをいつも頭に入れております。

1つ目が今ほど言いましたような技術基準を作っていくたり、ガイドラインを作っていくという仕事でございませ。

2つ目には作った技術基準やガイドラインというものを、現場の皆さんにきちっとお知らせをして周知をしていく、その仕事が2つ目でございます。

それから3つ目でございますけれども、こういった災害等が起きたときに技術相談に乗っていくというのが大きな仕事になります。今年の広島の土砂災害におきましても、いの一に土砂災害研究部の職員が現地に駆けつけて、人命救助を自衛隊の方とか消防の方が行いますけれども、安全に

かつ早く実施できるようなアドバイスをしたというそういう取り組み。さらには、これから橋梁の点検等を進めていきますけれども、非常に難しい技術的な課題を解決しなければいけない。そういう場面において私どもが相談に乗っていくというのが3つ目でございます。そして4つ目でございますが、これについては、研究のコーディネーターという役割です。維持管理を行っていくうえでは、例えば国土交通省以外にも NEXCO（東日本高速道路株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社）とか、首都高速道路株式会社もでございます。それから民間の方々、コンサルの方々がありますが、重複なくやはり効率的に仕事を進めていく必要があると思っています。そういったときのコーディネーター、みんなが分担をして効率的に仕事をやっていけるようにする、そういう役割を負っていきたいというように考えています。

最後になりますけれども、やはり我々の役割は現場の皆さんにいかに役立つことができるか。それを職員全員が肝に銘じて日頃から研究、あるいは先ほど言ったような現場のコンサルティング活動に携わっているということでございます。

公共事業の不要論が叫ばれた時期が少しおさまりを見せて、腰を据えて今まで抱えて来たさまざまな問題・課題に取り組んでいける環境が整っていると思います。これから来年 2015 年に向けて、引き続き我々としては今やっている、先ほど言った5つのテーマについて、あるいは4つの活動について、取り組んでまいりますので本日お集まりの皆さま方の変わらぬご支援、ご指導、ご鞭撻をお願いいたしまして、簡単措辞でございますけれども冒頭のご挨拶といたします。本日はありがとうございます。



写真-2 会場の様子

第2章 特別講演

社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか

東京都市大学副学長・総合研究所教授

三木 千壽

第2章 【特別講演】社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか (東京都市大学副学長・総合研究所教授 三木 千壽)

《プロフィール》

- ・東京工業大学修了後、東京工業大学助手、東京大学助教授、東京工業大学教授、東京工業大学工学部長、東京工業大学副学長を務めた後、東京都市大学副学長・総合研究所教授。
(現：東京都市大学学長・総合研究所教授)
- ・橋梁の設計・製作管理、維持管理等を専門とする。
- ・社会資本整備審議会道路メンテナンス技術小委員会委員長など府省や高速道路会社等の各種委員会の要職を歴任。
- ・経済産業大臣表彰、土木学会論文賞、田中賞（論文部門）、ドイツ Ernst Gassner 賞など表彰多数。



写真-3 三木 千壽 教授

平成26年12月3日 16:20-17:20

国総研講演会

ストックの維持管理にどう立ち向かうか

三木千壽

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

三木でございます。今日こういうこととお話をさせていただきますけれども、ちょっと内容が多すぎるかもしれませんが急いで紹介をさせていただきます。

—スライド (1. 社会インフラの老朽化問題) —

社会インフラの老朽化、1つの社会問題化と言ってもいいと思いますけれども、これ今の状況がどうかということですね。アメリカで *America in Ruins*、荒廃するアメリカと言われたのが1970年～1980年。1990年代に入って色々な政策がとられて、かなり状況はよくなっているわけですが、現在の日本の状況からどうなっていくのかというのを我々が考えなければいけないということです。

—スライド (日本の社会資本整備) —

社会資本整備ですが、日本については戦後1960年代ぐらいから始まっており、このような幹線の道路、鉄道がこの時期に集中的に整備されてきたと。そのときに構造的に見れば、実はリベット構造から溶接構造という大変な変化をしている。これは経済的とか、急速にやろうとか、いろいろな理由があってそうしているわけです。

—スライド (首都高速道路) —

これはできたときの首都高です。そのときのリベットから溶接に伴って生じる色々な問題が、具体的には疲労とか腐食とかの問題とかを起こしているわけです。ただ、これを見て、このときに疲労が起きるといった人はいないと思います。ですから、ある意味では仕方がないというか、こういう時代を迎えたということになります。

内容

1. 社会インフラの老朽化問題
2. アメリカでは
3. 構造物の劣化: 事例に学ぶ
4. 点検と診断が重要
5. 新しい技術にも関心を

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

1. 社会インフラの老朽化問題

米国での *America in Ruins 1970-1980*
現在の日本

日本の社会資本整備

戦後については1960年代から
(東京オリンピック、大阪万博)

- 東海道新幹線
- 名神
- 東名
- 首都高速
- 阪神高速 など

リベット構造から溶接構造へ

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY



首都高速道路 (45年前)

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（社会資本施設の宿命）—

こういうことはここで話すことはないと思いますがけれども、結局は社会資本は需要が高い順に造りますから、使い方が厳しいものほど、要するに重要度が高いものほど使用環境は厳しいと。ところが使われている技術が古いというわけです。

新幹線を見れば分かりますけれども、東海道新幹線と山陽新幹線、東北と北陸を比べたら剛性が全然違うのです。ただ、使い方は東海道新幹線で言えば1日340本ぐらい走っているのです。

ですから東海道新幹線では疲労が厳しい状況。他のほうは150本、100本ぐらいしか走っていないのがありますかね。長野新幹線は100本ぐらいになりますから、そういう状況から見てこれはある意味で宿命だと私は思います。こういうような状況に我々は直面しているわけです。

社会資本施設の宿命
 需要の高い順に整備(1960年代~1970年代)

↓

重要度は高く、使用環境は厳しい
 しかし、古い技術が用いられている

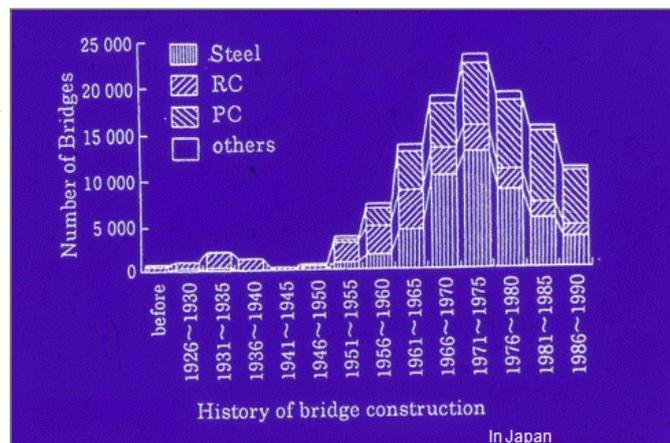
Fix it?
 or
 Scrap it?



東京都市大学
 TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（日本の道路橋の建設時期）—

これはよく出ている絵ですからもう説明する必要もありませんけれども、橋の整備はこの辺りからスタートしてここでピークを迎えている。これが徐々にいろいろと不具合を生じ始めたというのが現状だと思います。



—スライド（メディアの反応）—

外の人とか、メディアとかですね、社会はどう見て来たかということをお話したいと思います。これは2010年の日経新聞ですが、こういうのが出ました。「橋やダムなどの社会資本、老朽化で更新・維持費急増。50年で190兆円」というようなことが出るわけですが、この時期5~6年前から、周りもこういうことを気にし始めてきており、「何かおかしいんじゃないの」ということがこの辺りから出ているわけです。

メディアの反応

日経新聞
 2010.6.16

老朽化で更新・維持費急増

東京都市大学
 TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（メディアのいうところの道路橋の寿命50年説は正しいか）—

これに対して、ここで50年というのが1つのキーワードで出てくるわけですが、全部50年で寿命という計算をしているからこうなるわけですが、では50年というのはどういう理由なのだろうと考えると、特に大きな理由はないのですが、大蔵省が出したこのようなものがあります。「構造物の減価償却資産としてRC、SRCが60年で、金属が45年」というようなことが出ていますが、これは物理的な寿命とは違う。要するに財産としての管理の話で、物理的なものとこれとを混ぜてはいけませんが、ここ辺りが1つのconfusionの原因だろうと思います。

メディアのいうところの道路橋の寿命50年説は正しいか

出所は昭和43年大蔵省、構造物の減価償却資産、RC造、SRC造:60年、金属造:45年
- 物理的な寿命とは異なる。

- **さまざまな損傷や劣化が目につくようになってきたことは事実**
 - それは老化、老朽化か？
 - 世界的には設計供用期間としては100年程度。50年で老朽化は？
 - 日本はそんなにお粗末な構造物を作ってきたのか？
 - **インフラの物理的な寿命を何年と考えるのか？**

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

ただし、いろいろな問題が起きてきたことは確かだということになってきます。それは皆さんがおっしゃる老朽化かと言いたいのですが、私は老朽化という言葉は使いたくないのです。老朽化というと老衰であって、では人間が50歳で。そのときに私は「構造物の寿命とあなたの寿命とどちらが長いと思いますか」と言うのですが、どうなのでしょう。人間と橋と比べて、やはり橋のほうが長くないといけないと思うのですが、では50年でサイクル回していったら大変なことになってしまう。

ただ、人間も35歳~40歳になると共済のほうから補助が出て人間ドックに行くようになるわけです。たぶん構造物での50歳というのが人間での成人病が出始める時期だろうと思います。こういうような状況のときに我々はどうするのかと。

それから、もう1つ私が言いたいのは、世界的には構造物の設計時の寿命設定はだいたい100年なのです。それに対して50年で老朽化というのはかっこ悪くて言えないです。これを私はこの間もある所にいったら「日本は50で全部aging problemが出て、橋を全部壊すんだって？」って言うから、「そんなことはない」と。こんな恥ずかしいことは言うてはいけませんが、では、先輩たちはそんなお粗末なものを造ったかということになってしまいます。決してこういうことを言うてはいけないというのが、私がずっと言い続けていることなのです。

—スライド（鉄道橋）—

そういう中で、鉄道橋を見ると、東海道新幹線の疲労問題がしばしば話題にされますが、鉄道橋の中で東海道新幹線の橋は若いグループです。この間50年を迎えましたけれども若いグループです。鉄道橋で言えばこんな感じになります。だいたい山手線の橋梁がこの辺に入ってくるのですが、100年ですね。この赤いやつが何かしないといけないというやつが徐々に増えていることは確かなのですが、これが鉄道橋であって、鉄道橋が100年持っているときに道路橋が50年でもいいはずがない。この辺りも気を付けなければいけないと。

—スライド（道路橋）—

道路橋についてそもそも老朽化するとか、劣化するっていうのは、どこにも道路橋示方書の中に書いてないのです。あの橋梁の設計の基本理念のところ、設計としての目標期限、年限がないのです。「年限を書け」と言い続けているのですが、未だに入っていない。年限がないから、これはそもそも構造物というのは永久構造物と思って造っている。

私はコンクリートは永久構造物と習いました。この間もコンクリートの東大の前川さんと議論していて、「いつからコンクリートって50年も持たないって言い始めた」って。そんなことないのです。誰もそんなこと言っていないのです。鋼はさっきの45年に少し減らしたのは、鋼は錆びるからです。鋼は錆びる、コンクリートとは永久構造物だと。

鋼構造物だからペンキを塗っておけばいいではないかというのがそもそもの発想になっている。道路橋は疲労などまずあり得ない。実は2002年まで道路橋は疲労設計を入れていないのです。2002年に道路橋示方書の本体に入れようとしたのですが、大変な反対にあいまして見送りました。要するに2002年の段階で道路橋の関係者は疲労設計はいらぬという判断をしているわけです。これは大切なことなのです。この状況から10年経ってそんなに変わるはずがないわけです。ただし、疲労設計をしていないということは致命的な問題を抱えたまま使っていることになります。

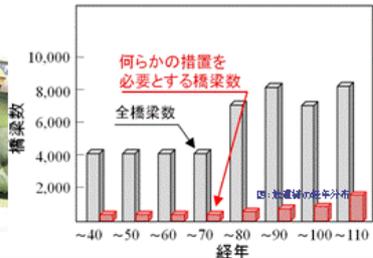
—スライド（現状、さまざまな損傷や劣化（成人病）が目立ち始めた。…）—

そういうようなことで、結局は総括してみるとこういうことで、設計のときに考えていなかった現象、何かというと疲労になるわけですが、疲労とか、コンクリートのアル骨反応、中性化、塩害、それから地震力、これも低い設計地震動でやっていたものを神戸地震以降で変えています。過積載これも変わらない。この辺りが設計では想定していなかった

鉄道橋

想定供用期間は、在来線60年、新幹線70年。（現行の設計標準では、100年）
山手線のように明治時代から使い続けられている橋、移築されて使い続けられている橋も多い。

- 東海道新幹線は比較的新しい橋。設計の基本として3S: Standard, Simple, Smart — 初めての本格的溶接構造の採用。当時の疲労設計は今から見ると不十分。開通10年後から様々な疲労損傷。



道路橋

そもそも、構造物が劣化し、使えなくなることは考えていなかったのでは（道路橋示方書）。
* コンクリート構造物は永久構造物と考えていた。
* 鋼構造物は防食としての塗装で十分。
* 道路橋に疲労など、ありえない。2002年までは設計で考慮せず。

限界状態として考えてこなかったことから、維持管理の点検においてもそれには対応していない。技術、技術者、制度、いずれも対応していない。

現状、さまざまな損傷や劣化（成人病）が目立ち始めた。しかし、老衰ではない！

- 設計時には考えていなかった現象。すべてに原因がある。
供用期間が長いことが原因
 - 鋼構造物での疲労、遅れ破壊、
 - コンクリート構造でのアル骨反応、中性化、
 - 地震力：神戸地震まで関東大震災レベル
 - 過積載トラック
- 早期に損傷や劣化を検出し
その原因を特定し、適切な措置を取ること
原因を究明し、除去し、適切な措置により、構造物を生き返らせることが可能。

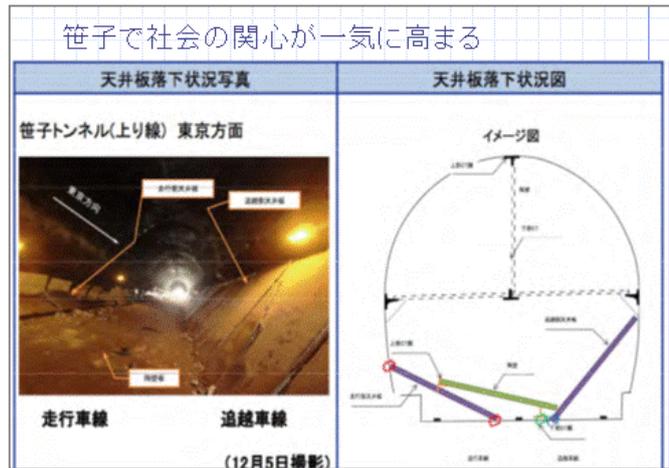
となかなか言いにくいものだけれども、公式には想定していなかったことが、こういうことを起こしているというように言ったほうがいいと思います。これが今の現状であると。

したがって、今どうするかとなってくると、そういうような原因をはっきりさせて、取り除いていくということを最初にやらないといけません。実は原因究明なしに直に行く人が多いのです。蓋すればいいではないかと思ってやっている人がたくさんいるのです。そうではないのです。原因究明をしたうえで、適切に処理していくというのが、我々がこれから考えなくてはならないことだろうと。

—スライド

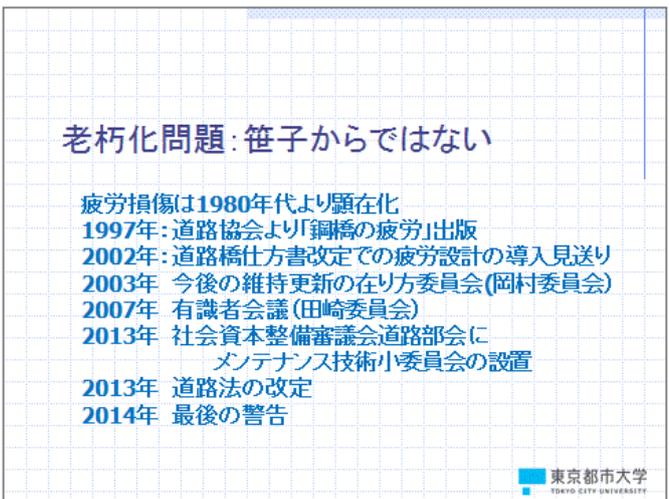
(笹子で社会の関心が一気に高まる) —

笹子でこういうことになり、一気に社会の関心が高まったわけです。私の所によくメディアの方が見えるのですが、笹子からとみんな思っているのですが、そんなことはないのです。笹子の前からちゃんと我々やってきたと。



—スライド (老朽化問題：笹子からではない)

特に疲労の問題は、こういう歴史があります。1997年に道路協会から「鋼橋の疲労」という本を出しています。主査は私です。2002年に先ほど申し上げたように、道路橋示方書に入れようとしたのですが時期尚早ということで見送られました。2003年に維持更新の在り方委員会、岡村委員会と呼んでいます、それがレポートを出し、それから2007年これはミネソタの落橋が契機ですけれども、田崎委員会をやり、有職者会議と呼んでいるのですが、そのあと2013年以降の一連のアクションになっているということになります。



ですから、私はいろいろなレポートの中で、この岡村委員会と田崎委員会の2つのレポートを全部包括した格好で今いろいろな格好で動いているのだということを常に申し上げているのですが、こういう格好で、いろいろ考えて来たのが本当のところですよ。

—スライド（平成 15 年 4 月：道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会）—

岡村委員会のときにはこういうことになりました。いろいろと問題が起きて来ているから、きちんと状況を予測しなさいよということですね。予算制約のもとでどうするかということを考えて。要するにアセット的な考えを入れろというのが、この岡村委員会の趣旨になります。

平成15年4月: 道路構造物の今後の管理・更新等のあり方に関する検討委員会

- 道路を資産として捉え、道路構造物の状態を客観的に把握・評価し、中長期的な資産の状態を予測するとともに、予算制約の下で、いつどのような対策をどのように行うのが最適であるかを決定できる総合的なマネージメントシステムの構築が必要である。

→ アセットマネジメントの導入の提案
しかし、現在までに具体的な形にはなっていない

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（道路橋の予算保全に向けた有識者会議）—

それから、田崎委員会ではここで5項目を挙げました。これを今着々と進めていると言ったほうがいいと思います。こういうような格好で点検の制度化、保全の制度化、技術開発、拠点の整備、データベースの整備。こういうようなことに対して、これをどう具体化してくというのが問題だと。それは今具体化しつつあると言ったほうがいいと思います。

道路橋の予防保全に向けた有識者会議
国レベルでの基本方針(H19・10-20・5)

- 点検の制度化:
全ての道路橋で点検を実施
- 保全の制度化:
技術基準、資格制度、人材育成を充実
- 技術開発の推進:
信頼性を高め、負担(労力、コスト)を軽減する技術開発を推進
- 技術拠点の整備:
損傷事例の集積と発信、高度な専門技術者の育成
- データベースの構築と活用:
効率的な維持管理とマネージメントサイクルの確立

この答申は前の答申を前提とし、**具体的なアクション**を記述したものの、しかし、だれが、どのように実現していくかが問題

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（国土交通省は平成 25 年をメンテナンス元年と宣言している。—

これは笹子が契機と言えれば契機になるわけですが、平成 25 年をメンテナンス元年と宣言をして、いろいろアクションを起こし始める。ただし、我々はちゃんと準備してきたわけです。それをきちんと具体化していつているのが現在の姿といったほうがいいと思います。

国土交通省は平成25年をメンテナンス元年と宣言している。

平成25年6月5日には「道路法等の一部を改正する法律」が公布された。その内容は「道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等を踏まえた道路の適正な管理を図るため、予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行うべきことを明確化するとともに、…」とある。その背景として、高度経済成長期に集中的に整備された道路の老朽化が進行を挙げている。まさに維持管理が法的な根拠の下で義務化されたといえよう。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（社会資本整備審議会 道路分科会 道路メンテナンス技術小委員会）—

先ほどご紹介があったメンテナンスの技術小委員会ですが、こんなようなことで動いています。ここでいちいち説明することはないと思いますが、維持管理としてどうすればいいかと。メンテナンスサイクルというような言い方をしてきちんとやっていきましょう。一番問題は地方公共団体のメンテナンスをどうするかということも、今進めているところです。

—スライド（道路法の一部改正）—

これらを受けて、道路法の一部改正をやったという事で、この辺りいろいろと大事なことが書いてあります。予防保全という考えを入れると、それから大型車の違反車両を取り締まる、防災的な防災拠点をきちんとしろなど、その辺りが全部盛り込まれています。

—スライド（改正の概要）—

この中でいくつかメンテナンス上で大切なと思うことを私なりに拾ってみたのがこの4項目です。

1つは国土交通大臣は地方公共団体に代わってできるということを言っているのですね。これは技術がないとやるべきではないと思います。やるふりをするのが一番よくないのです。ですから、技術がないならないと宣言した方がいいと思います。お互いの幸せのためです。

2番目は、道路管理者は予防保全の観点を踏まえて道路の点検を行うべきことを明確化する。これはしなければいけないのです。しないと罰則規定になります。

3つ目は、重量制限等をきちんと捕まえるということです。立ち入り検査等もやるということです。それから最後が極めて大切で、実施状況を調査できるということです。要するにチェックしましょうとっているのです。今まではどうだったかという、今までも点検してきたのです。今までもやってきたのだけど、うまくいっていないということをきちんと考えたほうがいい。

社会資本整備審議会 道路分科会
道路メンテナンス技術小委員会、
中間答申(平成25年6月)

- 道路構造物の適切な維持管理に向けて
 - 維持管理の基本的な考え方
 - メンテナンスサイクルの構築
 - 基準類の在り方
- メンテナンスサイクルの充実に向けて
 - 段階的な充実と確実な実施
 - データベースの構築と活用
 - 不具合情報の収集と啓発の仕組みづくり
 - 技術開発や技術評価の推進
- 地方公共団体でのメンテナンスサイクル導入に向けた支援
 - 体制、技術力、資金力の現状と課題
 - 国と都道府県が連携した支援策

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

道路法の一部改正

- 背景
- 道路の老朽化や大規模な災害の発生の可能性等を踏まえた道路の適正な管理を図るため、**予防保全の観点も踏まえて道路の点検を行うべきことを明確化**するとともに、大型車両の通行経路の合理化と併せた重量制限等違反車両の取締りの強化、防災上重要な経路を構成する道路の無電柱化の促進、災害時の道路啓開の迅速化等の所要の措置を講ずる。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

改正の概要

1. 国土交通大臣は、地方道を構成する構造物のうち、大規模かつ構造が複雑なものについて、**地方公共団体に代わって改築及び修繕を行うことができる**こととする。
5. 道路管理者は、予防保全の観点を踏まえ道路の点検を行うべきことを明確化する。
7. 道路管理者は、**重量制限等違反車両を繰り返し通行させている者等**に対し、**報告徴収及び立入検査を行うことができる**こととする。
8. **国土交通大臣による道路の維持又は修繕の実施状況に関する調査**ができることを明確化する。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（最後の警告）—

これをさらに分かりやすい格好で出したのが「最後の警告」で、これは家田さんの委員会から出ていますが、大臣への報告には私も立ち会いました。こういう格好で、具体的にどうするかというのがここから出てきています。ここで確認しているのは、点検は5年に1度、高い技術を有する者による近接目視。これは大変大事なことです。この辺りは診断は統一的な尺度でやりましょうということで、いろいろな格好でどんどん整備が進んでいるところです。これは後どう実施していくかということになってきます。

最後の警告
—今すぐ本格的なメンテナンスに舵を切れ：
社会資本整備審議会道路部会基本政策部会
道路の老朽化対策の本格実施に関する提言(2014年4月14日)

- 具体的な取組
- (1)基本的な考え方
産学官のリソースをすべて投入しての総力戦
- (2)メンテナンスサイクルを確定(道路管理者の義務の明確化)
 - 点検:5年に1度、高い技術を有する者による近接目視、
 - 診断:統一的尺度で「道路インフラの健診」
 - 措置:ライフサイクルコストを考慮、
 - 国は地方公共団体に対し適切な措置を講じるよう勧告・指示
 - 道路インフラ安全委員会の設置
 - 記録:評価と見える化

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（2. 米国では）—

こういうようなところが日本の動きですが、アメリカはどうしたかということを少し振り返ってみたいと思います。私はよくいろいろな委員会で申し上げるのですけれども、アメリカは実に素早く動いているのです。これは見習わないといけないです。

1967年に Point Pleasant 橋というのが落ちました。それから4～5年で全部これをやっています。メンテナンスマニュアルを整備し、これは今我々がやっているところだと、点検の制度化、2年に1度というのも制度化しました、それから点検員の資格化もやりました。これは2週間の講習と試験です。この辺りが全部 Point Pleasant 橋の事故後、4～5年のうちに整備されています。

2. 米国では

- 鋼道路橋の疲労や老朽化への関心は1967年の Point Pleasant Bridgeの事故から
- それに対する対応
 - メンテナンスマニュアルの整備
 - 点検の制度化:2年に1度
 - 点検員の資格化:2週間程度の講習と試験、更新時にも試験
- 1981年の America in Ruins Report

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（America in Ruins by Pat Choate & Susan Walter, 1981）—

例えば AASHTO（米国全州道路交通運輸行政官協会）の設計指針も 1974 年版が現在の指針のベースともいえますが、1967 年の事故から6年間であそこまで仕上げているのです。この辺がアメリカの素早いところなのですが、この辺のことを全部まとめたものがこの

America in Ruins
by Pat Choate
& Susan Walter,
1981

日本の現状は America in Ruins が発表された1980年の米国より酷いのでは。その理由は、管理側、国民、いずれも認識が無いこと。

AMERICA IN RUINS
The Decaying Infrastructure
Pat Choate
Susan Walter
Duke Press Paperbacks

有名なレポート *America in Ruins* というレポートで、これは今でもアマゾンで買えます。日本語版も買えます。これはいろいろな形で参考になるとと思いますが、1981年出版ですが当時のアメリカの状況をよく示していると思います。これは道路から港湾、上下水道のすべてを含んでのアメリカの現状と、どうしてそうなったかということ进行分析しているレポートになります。Pat Choate と Susan Walter というのはアメリカの政府機関の研究員です。

—スライド (America in ruins に合わせての FHWA の動き) —

この *America in Ruins* が出たときに、ちょうど私もこの時期にアメリカで仕事をしていたのですが、そのときの FHWA で出したレポートはこんなものです。ちょうど今の日本と同じなのです。約 525,000 橋のうちの 2/5 がまずいと。98,000 橋は構造上の強度不足と。橋梁の寿命は、ここで 50 年と言ってしまっているのですが、50 年で、1900 年以前に竣工した橋がまだ 25,000 もあるよというようなことを言っているのですが、今の日本の状況に極めて近いということを感じます。

America in ruins に合わせての FHWA の動き

- 1981年FHWA: 524,966橋のうち2/5が大幅な補修あるいは架け替えが必要。98,000橋は構造上の強度不足。橋梁の寿命は50年程度、アメリカの橋梁の3/4は使用開始後45年以上、1900年以前に竣工した25,000橋がいまだに使われている。1935年までは材料、設計、製作などの標準化はされていなかった。

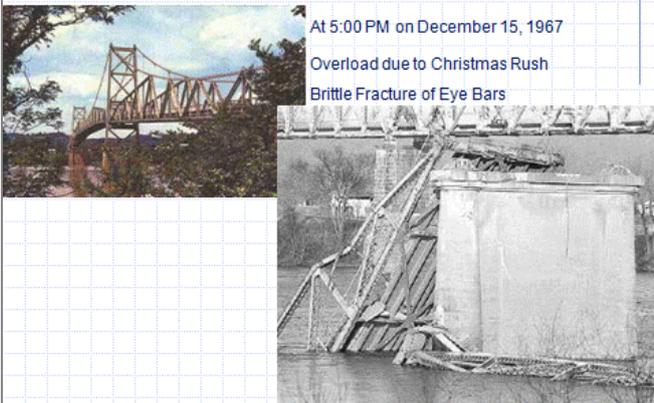
東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド (Point-Pleasant Bridge) —

これが Point-Pleasant Bridge なのですが、こういう格好で橋が落ちた。これはチェーン吊り橋のメインのチェーンが切れてしまったのです。これで 50 人ぐらいがオハイオリバーに落ちました。疲労というように言われたのですが、実際は応力腐食割れという状況です。ただ、これが起きるまでアメリカ人も道路橋に疲労が起きるなんて1つも思っていなかったのです。アメリカ人も疲労は鉄道だけの問題だと。疲労の研究をやっているのは物好きぐらいだったわけですが、これから一気にアメリカの疲労研究が始まったといえます。

Point-Pleasant Bridge

At 5:00 PM on December 15, 1967
Overload due to Christmas Rush
Brittle Fracture of Eye Bars



Brooklyn Bridge Open on May 24, 1883 (120 years)

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド (Brooklyn Bridge) —

Brooklyn Bridge、この頃のこれはアメリカのシンボルみたいな橋です。

—スライド (Cable breaks close Brooklyn walkway) —

ちょうど私がアメリカにいたときにこういう新聞が届きました。「Cable breaks close Brooklyn Bridge walkway.」ケーブルが切れて、これ実は日本人のカメラマンの頭に当たりました。それで歩道部はクローズです。これがちょうど今の日本に近いですね。



—スライド (Williamsburg Bridge) —

横の Williamsburg Bridge、これも新聞に出ました。



—スライド (A Bridge Dilemma : Patch It or Scarp It) —

これは New York Times ですが、「A Bridge Dilemma : Patch It or Scarp It」直そうか、捨てようかということなのですね。この頃にたくさんこれをどう架け替えるか国際設計コンペで動いていました。こういう時代。



—スライド (Joins Panel To Study Williamsburg Bridge Fate) —

それからこれは私のアメリカでのボスの Fisher 教授ですけれども、Lehigh 大学のグループがケーブルをチェックしているところです。日本でも最近やっていますね。ウェッジテストと呼ばれ、ケーブルの中に木の楔を打込んで見ていくのですが、二層目、三層目ぐらいまで腐食が進んでいるねという話が出てきます。こんな格好で一気に点検を始めた。



—スライド (Williamsburg Bridge) —

ちょっと見難いのですが、これ私が見に行ったときの写真です。アンカレッジの中でケ

ケーブルがずいぶん切れ始めています。こんな状況が1980年代です。

—スライド (Mianus Bridge (米国)) —

1983年にはMianusが落ちました。これは腐食と疲労です。アメリカの場合ゲルバーの吊スパンをピンで吊っているのです。このピンの所に水が入り腐食を起し、それで疲労につながったという事故ですが、これでもグレーハウンドバスが飛び込んだり、いろいろなことが起きています。

—スライド (重量制限された橋 (ペンシルベニア州)) —

これはたまたま私の手元に届いた地方紙ですが、放っとくとかいうことになりますよということなのですね。何かというと橋の手前でスクールバスが止まっているのです。子供たちを全部先に渡して、それからバスがそろりと渡って、また乗せて走っていく。ここまで行くと、もうどうもならない状況になるわけです。こういう状況が続いていた。

—スライド (I-35W over the Mississippi River ミネアポリス, USA) —

そのあと1990年代からいろいろな対策が取られてかなりよくなったわけですが、これで2007年にこういう落橋事故が起きてしまったということになります。ただ、オバマさんになってからまたお金がついて、また随分やっていますから、また変わってくると思いますけれどもこういう事故があったと。

—スライド (日米の橋梁 建設年の比較) —

これは国交省が作られた資料ですけれども、こういうことですね。アメリカの橋梁建



Williamsburg Bridge
東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY



Mianus Bridge (米国)
1983.6.28

- > 伸縮装置からの漏水により、ゲルバー部の吊材のピンが腐食、疲労で破断し、落橋した
- > コネチカット州の技術者が少なく、十分な点検を行えなかったことも原因と言われている
- > 3名死亡

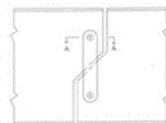


写真-2 重量制限された橋¹⁾ (ペンシルベニア州)

道路1982-11、三木

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

I-35W over the Mississippi River
ミネアポリス, USA. Aug.1, 2007.
6:00p.m.



Open:1967
8 lanes
140000-
200000/day

設、ニューディール政策のときですね、この辺りで整備があったものが、この辺りでたくさん壊れたと。今日本はこら辺りでやったものが、30年ぐらいシフトした状態で少し老朽化が目立つようになったというのが現状だろうと思います。



—スライド (3. 構造物の劣化) —

疲労というのはあまり馴染みがないと思いますので、少し疲労の話をしようと思います。私は事例を学ぶのが一番いいと思います。奥村先生といっても、今ではあまり知らない名前かもしれませんが、私の先生の先生で大先生です。

奥村先生が私の所に見えて、「三木さん、疲労やるんだって。ああ、いいことだ」と。私が疲労を始めたときは、土木で誰もやっていませんでした。船の分野に行けば疲労はメインテーマだったわけですが、土木で疲労って変わり者だと思われたのですが、そのとき奥村先生が「疲労を学ぶなら事例を調べたらいい」と。要するにいろいろなジャーナル類を探しまくるとたくさん損傷事例が出てきます。それが私の疲労研究のスタートになるわけです。

3. 構造物の劣化 —事例に学ぶ

疲労を学ぶには事例研究が一番
(奥村敏恵先生)

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド (失敗、事故：最も重要で価値のある経験) —

私も時々こういうことを言います。失敗、事故、これは大切なのですが、みんな隠したがるのです。でも、失敗とか事故っていうのは実際実物でやった経験ですから、実物実験ですから。ところが残念ながら多くの方々はすぐ計算に走ります。計算は単なるシミュレーションですよ。バーチャルの世界ですから、どちらを大事にするかという、やはり実際に起きたことであり、原因をちゃんと究明することだと。最初に申し上げたとおり、今起きていることを全部究明、原因を全部表に出したうえで対策を取らないとうまくいかないと思います。要するに事例を、事故をちゃんと見たほうがいい。

失敗、事故： 最も重要で価値のある経験

事故: リアルな事象であり、
実物の実験ともいえる。

設計: 供用期間中に生じる様々な出来事を予測する
そのために解析や実験を行う:
これらはシミュレーションであり、バーチャルな事象。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（鋼橋に生じる疲労の原因）—

私は疲労の事故をこういう格好で分けています。製作の問題、それから疲労設計のしくりになるわけですが、疲労強度の低いディテールの採用。実は日本の道路橋は疲労設計していないので、何が入っているか分からないのです。それから設計では想定していない力。あとでお話しますが、設計上のいろいろな過程をおいています。ですから設計通り応力が出ることがないのです。最後に設計では考えてないようなことが起きる、振動みたいな問題です。

—スライド（(1). 製作時に残された欠陥）—

製作時の問題っていうのは、これは事故が起きないと分からないのです。

—スライド（Hasselt Bridge Mar. 14, 1938, 全溶接フィレンデール）—

これは先ほどの、奥村先生が私の机の上に置いていった資料です。ベルギーでこういう事故が起きたよと。1938年、ベルギーは大したもののでこのときに全溶接で橋を造ったのです。ところが3カ月後にこうなってしまったということなのですが、こういう品質管理の問題。当時は溶接の品質管理というのはあまり気にしなかったのだと思います。

—スライド

（下フランジ板継溶接部の破断）—

これは日本です。これは環七の橋ですけども、ある日突然こんなクラックが起きました。現場に行って驚きました。

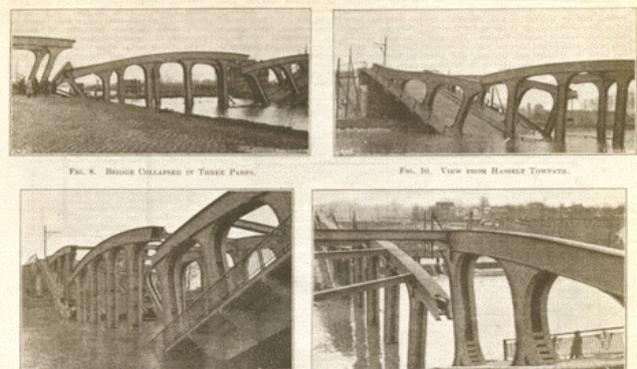
鋼橋に生じる疲労の原因

- 製作時に残された溶接欠陥
- 疲労強度の低いディテールの採用
(含む: 疲労設計をしていない)
- 設計では想定していない応力
- 設計では想定していない挙動

(1). 製作時に残された欠陥

- 事故が起きるまで検出することは難しい。
- 事故後に類似の箇所について点検する。

Hasselt Bridge Mar. 14, 1938, 全溶接フィレンデール
拘束度の高い突合せ溶接部(現場溶接)に残されていた溶接割れ
からの脆性破壊—>溶接の品質管理



下フランジ板継溶接部の破断



—スライド（疲労破面：未溶接部の存在）—

これをすぐ切り出してみたのです。切り出して、開いていくと、こんなになってくるのです。これ下フランジの突合溶接って、一番大切な溶接です。100% full penetration で非破壊検査の対象ですが、なんと驚いたことにここは着いていないのです。フルペネが 50% 溶け込みになっているのです。ちゃんと X 線用のフィルムがあるのです。

まずこの橋で同じ継手を全部調べたら、三十数か所こういうものが出てきました。同じ工場で同時期にやったものを見たらやはりありました。ということは、こういうことはあるのだよと。ただ、こんなのはスペック通り造っていたらあり得ないことです。

—スライド（首都高速 3 号池尻ランプ）—

これは最近の事例ですけれども、最近といっても 10 年経ちましたかね、首都高の池尻のランプです。これ実は阪神の地震のときに阪神高速のある方から、クラックらしきものがあるから見てくれと言われて、多くのクラックらしきものを見て、この現象に気が付いたのです。首都高も少し見た方がいいですねということで見てもらったのです。

—スライド（設計では完全溶け込み溶接）—

そうするとこういう写真が出てきました。これは溶接やっている人間ならすぐ分かりますが、フルペネで綺麗に仕上げているのです。こんなの壊れるはずがないのです。

—スライド（実際は未溶接部の存在：溶接ルート部からの疲労き裂）—

それで「おかしいね」ということで、穴を開けていった。表面 60mm のクラックがあっ

疲労破面：未溶接部の存在 (60%を超える)

首都高速3号池尻ランプ

設計では完全溶け込み溶接：

実際は未溶接部の存在：溶接ルート部からの疲労き裂

たわけですが、それから 100mm、250mm と穴を開けていったのです。穴を開けてもずっとクラックがあるのです。最後 400mm までいってはじめてクラックがなくなるのです。要するにこれは溶接ができていない。

—スライド (デルタゾーン (固有欠陥) の除去)

—

これもルートが見えますが、溶接の板厚の半分しか溶接がしていないのです。これフルペネです。これは非破壊検査やったかどうかよく分からない。それをどうしたかという、全部板を当ててドリルで切り取っていたのです。これ私がよくやるやつです。歯医者といっしょです。先に補強しておいて、患部を引きずり出すわけです。そうすると「おい、これフルペネだろ」と。K開先のフルペネでこんなのかと。これ全然フルペネじゃないですね、すみ肉溶接です。もっとひどい。



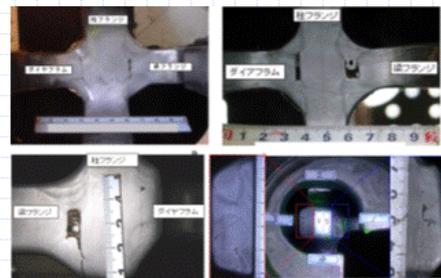
デルタゾーン (固有欠陥) の除去

首都高速は約2000基の鋼製橋脚
そのうちの約700基に疲労亀裂
原因は施工時の欠陥

—スライド (デルタゾーン (固有欠陥) の除去

2—

これなどはすごいです。これなんか着いていないです。ここなんか割れてしまっています。こういうようなことが、実際はかなりの数あったと。実態は 2,000 基の鋼製脚橋脚のうちの 700 基にこういうものが見つかったということです。ということは、ごく普通にやられていたということです。道路橋は疲労には関係ないということから考えると、この辺りを甘く考えていたのかもしれない。



東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライドスライド (2). 疲労強度の低い継手ディテールの採用 —

それから疲労強度の低いディテールを使ってしまった、東海道新幹線などは古い設計指針と今と強力度が違うからこういうことが起きるわけです。それから道路橋については疲労設計していませんから、どんなお化けが潜んでいるか分かりません。

(2). 疲労強度の低い継手ディテールの採用

- 鉄道橋: 古い設計標準での設計 (例: 東海道新幹線)
橋梁は寿命が長いため、これは宿命ともいえる
- 道路橋: 疲労設計していないため、何かあるか不明
これは怖い、予測できない

48

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（鉄道橋設計標準 1960 年と現在）—

これは古い設計指針の例ですが、東海道新幹線は 1960 年のスペックでやっています。1960 年のときの溶接構造の疲労の研究というのは日本にはほとんどないのです。ドイツの DIN のスペックを持ってきて、少し日本のデータを入れてやったのが実態です。

これを見ると、こういうカバープレートみたいなもの、当時は 120MPa の強度があると思ったのが今は 65 MPa にしています。ということは、今設計すると応力を半減しないといけないのです。

ここなんかは、これも 126 MPa と思っても 65 MPa です。こういうところがいっぱい出てくるわけ。こういうものをちゃんと見ないといけない。今の道路橋についていえば、こういうことをまず最初にやらないといけないのじゃないかな。どれぐらい危ないのかということ。今どこがどれぐらい危ないかということを見ないままワーストと動いているような感じになるわけです。これが 1 つの例です。

鉄道橋設計標準。1960年と現在

Staggered joint			Out-of-plane gusset (≦20mm)		
Joint Type	Class	Fatigue strength at 2 million cycles (N/ℓPa)	Joint Type	Class	Fatigue strength at 2 million cycles (N/ℓPa)
Code			Code		
Old code '60	U	120	Old code '60	D	100
Current code '92	F	65	Current code '92	F	65

Longitudinal welding			Convex weld		
Joint Type	Class	Fatigue strength at 2 million cycles (N/ℓPa)	Joint Type	Class	Fatigue strength at 2 million cycles (N/ℓPa)
Code			Code		
Old code '60	B	150	Old code '60	D	100
Current code '92	C	125	Current code '92	F	80

In-plane gusset (≦20mm)		
Joint Type	Class	Fatigue strength at 2 million cycles (N/ℓPa)
Code		
Old code '60	C	126
Current code '92	F	65

—スライド（疲労強度の低いディテール）—

道路橋は 2002 年に疲労設計の原型を作った、設計指針として道路協会から出しました。その中には、使ってはいけないディテールというのも書いてあります。好ましくないディテールがあります。これは見れば全部分かるわけで、橋の中に入ってそのような構造ディテールに丸を付けて歩けばいいわけです。たぶん知識のある人間がやれば、最初のチェックはたぶん 1 つの橋梁 1 日もあれば終わると思います。

疲労強度の低いディテール（鋼橋疲労設計指針（道路橋）では好ましくないディテールとして示している）

1. Joints with fillet welded cover plates (l < 300mm)	(1) with finished weld toes	E(80)
	(2) as-welded	F(65)
2. Joints with fillet welded cover plates (l > 300mm)	(1) with profiled end welds	D(100)
	(2) as-welded	G(50)
3. Welded studs	(1) at base plates	E(80)
	(2) at stud sections	S(80)
4. Lapped joints	(1) at base plates	H(40)
	(2) at splice plates	H(40)
	(3) at throat sections of end fillet welds	H(40)
	(4) at throat sections of side fillet welds	S(80)

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（疲労強度の低い継手の例）—

道路橋で最も危険なディテールは、このガセットディテールの横桁を取り付けるとか、横構を取り付けるとか、ウェブに板がついているようなものなのですが、これは疲労強度が非常に弱い。H 等級とか、G 等級があります。

疲労強度の低い継手の例: ガセット取り付け部

大学
UNIVERSITY

—スライド（ガセット取り付け部）—

これクラック。こういうようなクラックをどう見つけるかなのです。これも放っとみんな見落とします。今接近目視と書いています。なぜ接近目視かという、これ接近して手で触れば分かります。触らなければ分かりません。これは、黒くなっているのは磁粉探傷をやっているから黒く見えるのであって、実際はほとんど見えないほど細いラインとして見えますが、触って手でなぞってみれば分かるわけです。それが接近目視の大事なところ。

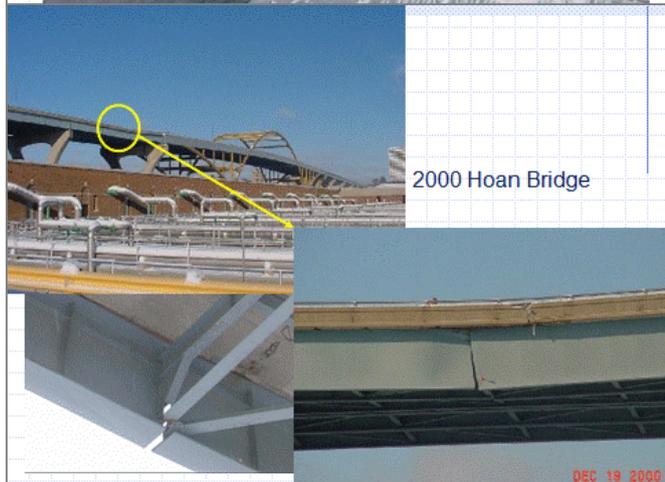
ガセット取り付け部



—スライド（2000 Hoan Bridge）—

これはほっとくとうなります。日本ではここまでひどいものはないのですが、あとでこれに近いものが出てきます。

これはアメリカの Hoan Bridge ですが、もう落橋寸前になります。



—スライド（(3). 設計では想定しない応力の発生）—

それから設計では想定していない応力。これが数的には多いのです。いろいろな仮定をおいています。

(3). 設計では想定しない応力の発生

設計での構造単純化: はり理論
設計での支持条件

—スライド（桁端部の亀裂の例）—

例えば支点部、これは単純支持ですから、支点部モーメントによる応力はほとんどゼロになりますが、しかもこれは可動端になるのです。可動端というのは回転とスライディングが自由なはず。

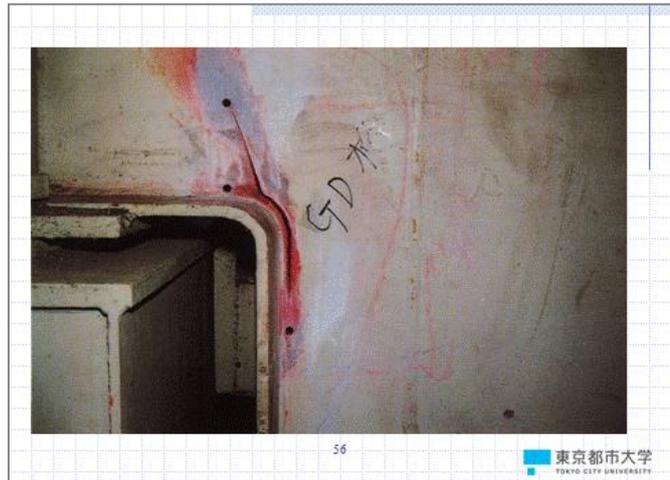
橋梁に入って、支承部が回転とスライディングともがちゃんと動いている橋はなかなか見つからないのではないかと思います。それが単純支持の自由端が固定端になる



と固定端モーメントが出るわけです。固定端モーメントといのうは両端を Fix にすると真ん中に起きるモーメントよりも、固定端モーメントのほうが大きいのです。そうするとこういうことがソールプレート（床板）の取付部に起きてくる。これはもう危ないのです。もうすぐ脆性破壊します。

—スライド（桁端切りかけ部の例）—

これもそうですね。こういうのよくありますね、桁端の切りかけ。これも支点の近傍ですから、曲げモーメントによる応力はほぼゼロですから、こういうことをやってしまうのです。そうするとポコッと切れるのです。これも危ない、たくさん起きます。



—スライド（部材間の連結部で設計での想定とは異なる変位モード：変位誘起疲労）—

例えば主桁と横桁の連結。これは計算上単純支持なのです。単純支持なんか実際できないです。リブとかボルトで閉じてあるわけですから。閉じれば固定端モーメントが出るわけです。横桁と縦桁もそうですね。そうすると、全部こういうような計算。なぜ計算をこうしたかという、計算が楽だからですね。それから部材の断面を決めるにはモーメントが大きく出た方がいいから、安全になるから。でも違うのです。そういうようなものが全部いろいろなことで不具合が出てくるわけです。

部材間の連結部で設計での想定とは異なる変位モード：変位誘起疲労

設計では連結部
Main girders – floor beam
Floor beams – stringers
Stringers – deck

全て単純支持と仮定
実際は
ボルトや溶接で接合する
→ 曲げやねじりモーメントの発生

—スライド（下路プレートガーダ、横桁—縦桁接合部（JR 東， 中央線））—

これは鉄道橋です。これはちょっと驚いた事故ですが、これは中央本線です。横桁、これスルーの桁で向こう側に主桁が見えますが、横桁に縦桁がとりついているのですが、実は鉄道橋全部これは直したはずだったのですが、見落としていたのです。これが残っていたのです。4カ所全部切れています。最後脆性破壊して列車が傾いて、運転手から通報があっっていたのですが、最初に私の所にもってきたのはNHKの記者なのです。4～5時間遅れ



てJR東日本が飛んできましたけれども。これは実際の構造は固定されているのですから、固定端のようにしなければいけない。

—スライド（道路橋で最もポピュラーな疲労損傷）、（TYPEA~C CRACK）—

道路橋では一番数が多いクラックはこの対傾構の取り付け部。ここは道路橋に入れば必ず見つかるクラックですけれども、こんなクラックですね。

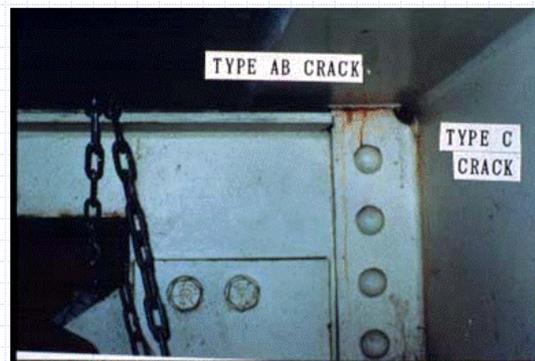


道路橋で最もポピュラーな疲労損傷

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（東名高速道路、上路トラス）—

これは東名高速ですけれども、こういうトラスの。これも横桁になるわけです。横桁は主構トラスに対して単純支持ですから、ごく単純な、簡単なコネクションでつないでいるけれども、実際には固定端モーメントが生じますからこういうクラックが出る。これは全線出ています。こんなものはほっとくとバカッと落ちるのです。こんなようなことをきちんとやらないといけません。



東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（鋼床版）—

鋼床版。これは、本当は昔から疲労設計やっているのです。昔の道路橋示方書にも鋼床版は疲労設計をやれと書いてあるのですが、その許容応力度がむちゃくちゃ高いのです。誰が作ったのか分からないのですが、めっちゃくちゃ高い。こんなのはやらないほうがいいです。

鋼床版ほど応力や変位挙動が設計と合わないものはありません。たくさんクラックが出る。



東名高速道路、上路トラス
主構トラス上弦材と床トラスの接合部
設計では単純支持。フランジ間をつなげた
ディテールの橋もあり。亀裂の発生はない。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

鋼床版

設計計算ではいまだに帯板法？
橋軸方向の公称応力のみ？

昔から疲労設計を行っていた

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

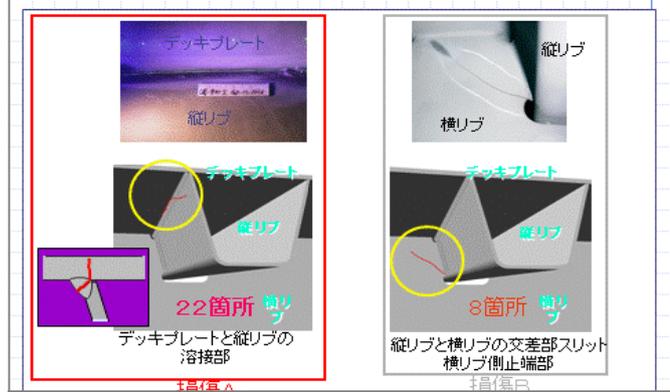
—スライド（鋼床版の疲労損傷の例）、（鋼床版の亀裂の例）—

これは首都高の舞浜なのですが、あらゆるモードのクラックが出ています。これは説明しても仕方がないのですが、鋼床版ほど設計計算に合わないものはありません。ただ落橋はしないからいいかなとは思っているのですけれども、いくつかの橋梁は車が床版をポコッと抜いてしまって通行止めにしたものがあります。



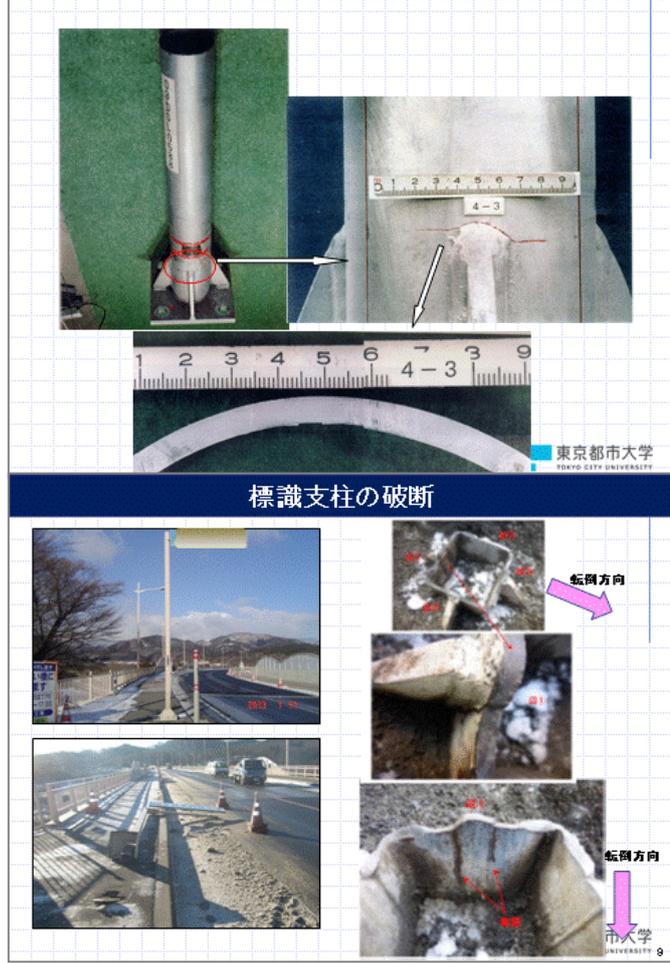
—スライド（首都高標識柱の写真）—

それからこういうものもありますということで、これは首都高に立っていた標識柱ですね。交通振動を拾って標識柱が振れてクラックが入ったと。同じようなタイプのものを同時期に100本以上導入しています。1本が下に落ちて慌てて委員会やって全数調べたらこんなものが出てきました。綺麗に疲労亀裂。これは疲労亀裂の特徴です。綺麗に真っすぐ切れます。



—スライド（標識支柱の破断）—

つい先日、東北地整に行ったら、東北地整の方が面白い写真を見せてくれたのでいただいてきました。これは何かというと照明柱ですね。これも綺麗に疲労破壊しているのです。照明柱のところの一番下側にリブが付いているのです。ここで風で揺れるのでしょよね。風で揺れて応力が繰り返され、その結果として、綺麗に疲労亀裂。こんなのが日本に限らず、たくさんあります。これも倒れて車の上に落ちたりしたら大問題です。こういうようなものも見なければいけない。これは想定外の振動による疲労となります。



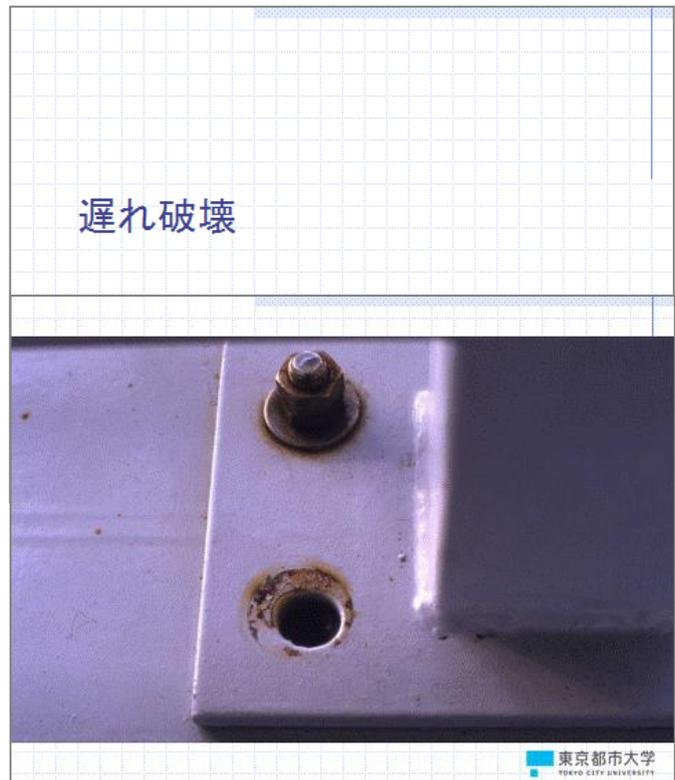
—スライド（遅れ破壊）—

もっと怖いものは遅れ破壊というものがあります。

—スライド（遅れ破壊の写真）—

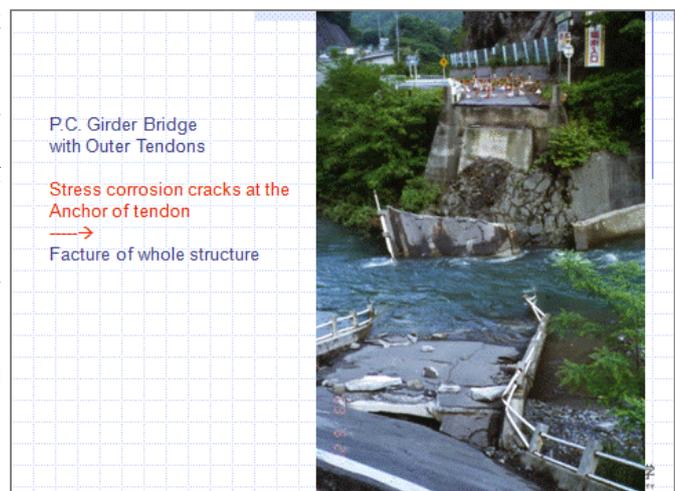
これはごく軽いものです。錆びてはいけないと思って、ステンレスのボルトを使っているのです。ところがステンレスのボルトを使って締めると、鋼材との間で異種金属間で、金属電池ができてしまうのです。そうすると母材のほうも錆びて、錆びると水素が出る。水素が出るとステンレスを遅れ破壊させている。

実は笹子トンネルのあと、あるトンネルを見てステンレスで吊っているものに同じような現象を見つけて、国交省のほうには連絡するように言っておきました。届いているはずなのですが。これは高等学校の物理や化学で習うことを忘れているのですね。ですから鋼構造物をステンレスでとめたり。防音構なんかはアルミのリベットで取付けたりするのですが、アルミが溶けて取れるとかですね。こういうようなものは大変なしくじり、事故が起きて分かるわけですが、「なんだ、土木の人はそんなことも知らないの」といわれる1つの事例ですね。



—スライド（P.C. Girder Bridge with Outer Tendons）—

それから、こういうのも起きます。藤井聡先生がよく使う写真ですけれども、彼はあまり解説せずに使っているからよくないのですが。これは木曾川、先日噴火があった山の近くのもですが、これはセグメント方式のP.C.です。突っ張っているテンドン、P.C.鋼線のアンカー部分が遅れ破壊して落ちてしまったケースですね。これはちょっと施工的に問題があります。こういう遅れ破壊的なものも結構怖い。



—スライド（腐食）—

腐食はひどくなるとこうなりますが、実はなかなか腐食では落ちません。すごく錆びているように見えるのですが、腐食生成物というのは2,000倍か3,000倍に体積が膨らみますから錆びると驚くのですが、多くの場合はそんなにひどくない。

—スライド

（腐食損傷から落橋へ至った事例）—

これは沖縄の橋ですけれども、もう通行止めしているものを実験用に私がいただいた橋で、そこにいろいろなセンサーを取り付けて測っていたので非常に貴重なデータがとれました。外側から見ると綺麗なのですが、中側に行くとボロボロというケースで、結構この辺りは腐食の点検の難しいところです。

—スライド（4. 点検と診断が重要）—

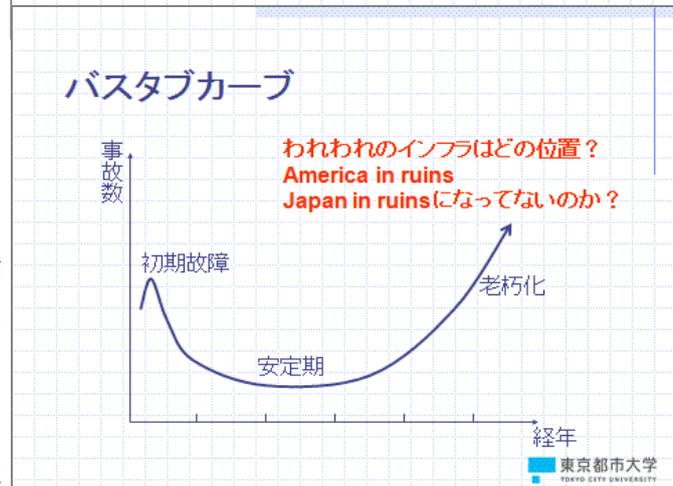
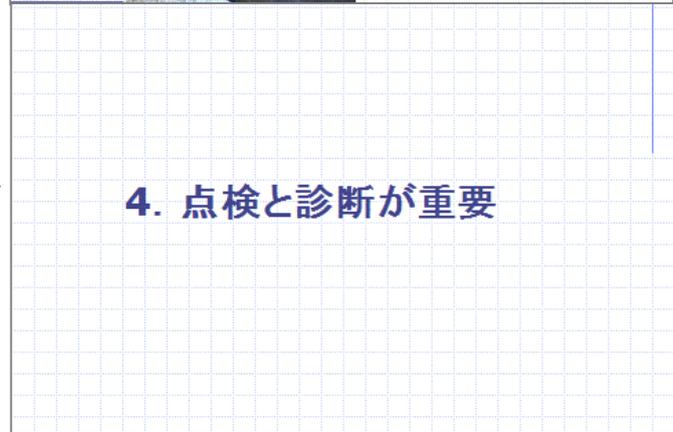
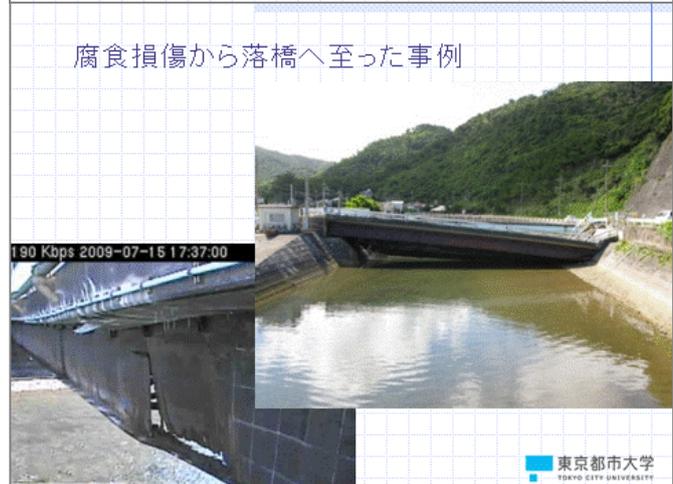
点検と診断が重要という話をさせていただきますが、

—スライド（バスタブカーブ）—

機械類の経年劣化現象を議論するときはこれがよく出てきます。バスタブカーブ。私も時々使います。これは時間に対して、故障率、事故率です。

昔の車は買うと1年ぐらいはしょっちゅう点検に来いと言われたのですね。3カ月点検、半年点検とかいっていたのですが、これは初期故障の対策なのです。その後、安定期があって、老朽化になるのです。我々の構造物は、ようはどこにいるかなのです。ひょっとしたらこれかもしれない。だってローマ人の橋は

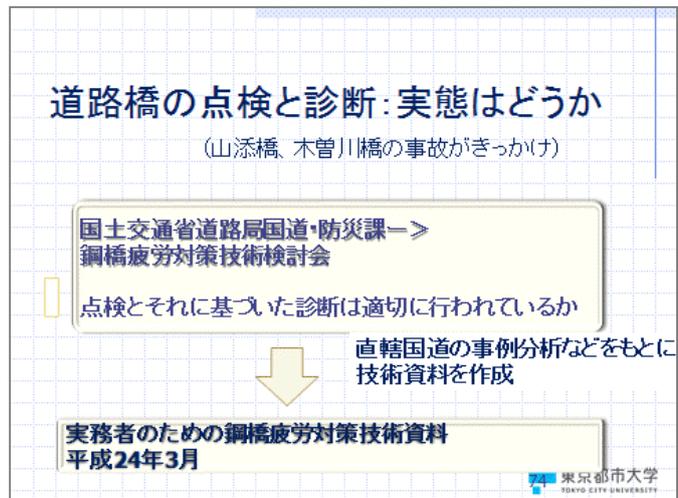
2,000年経っても平気なわけだから、今あるものはこれかもしれない。この辺だろうと思うのですが、我々の橋はどこにいるのかを特定するのが点検と診断ということになります。



—スライド（道路橋の点検と診断：実態はどうか）—

後で出てきますけれども、山添橋と木曾川橋と重大な事故が2つ連続して起きたのです。国交省の国道防災課でいろいろな話をされていて、本当にこれまでの点検と診断はきちんとできているのかなということになりました。きちんとできているのか調べようよということで、調べました。特に鋼橋に限ってなのですが、鋼橋の直轄でやった点検・診断のレポートを全部チェックしました。

何が起きているかというのを調べてみたわけですが、こういう委員会を作って、ここで全部洗い出しをしました。事務局は首都高技術センターがやったわけですが、こういうような資料に作ってあるので、ぜひこれを見ていただきたいのです。これの実は本音バージョン、裏バージョンもあります。誰がどういうことを言ってどうしたかということも全部調べました。



—スライド（山添橋の疲労損傷）—

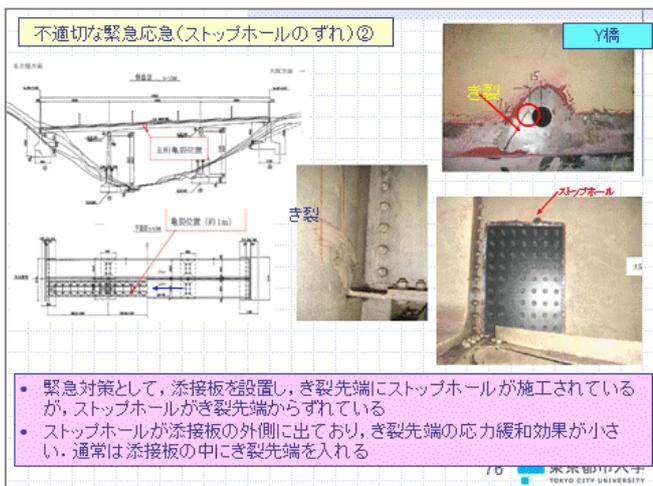
そのきっかけになったのはこの山添橋の事故なのです。いろいろな所で紹介されます。あまり詳しくは言いませんが、点検の中でこんなクラックを見つけたと。1.1mのクラックを見つけたと。これはクラックを見つけたとは言わない、壊してしまったというのです。1.1mのクラックって、たぶんこれ少し曲がっているのですね。たぶんこの辺りまで疲労破壊で、この先は脆性破壊だと思のですが、実はこれ原因究明していないのです。被せしてしまったと言われてもしかたがないですね。1点目の問題はこれですね。

ここまでいくためにはたぶん10年か15年かかっています。その間2回ぐらい定期点検入っているはずですが、点検が機能していない。事故の後、国交省で「委員会作りました」というから「そうですか」と言っていたのですが、それなりの対策はとられたのです。



—スライド（不適切な緊急応急（ストップホールのずれ）②）—

そのうちにこんな書類が出てきました。これが驚いたのですが、最初にやったのがここに後ろにH型鋼を抱かせて、「これはひどい」と私は言いました。その後すぐに外したようですが、ここにクラックがこうあるのですね。最初やらなければいけないのは原因究明なのです。どうせ切れているのだから切り出せばいいのです。切れているものを大事にするのではなく、切り出せばすぐ分かるわけです。切り出さずに板を当ててしまっているのです。



しかも実はその疲労亀裂の先端にここにストップホールが開いているのです。「新型のストップホールですね」と私は言ったのですが、ストップホールはクラックの先端に開けなければだめですし、添接板できちんとここをカバーしないとイケないのです。これが実際に起きたことです。

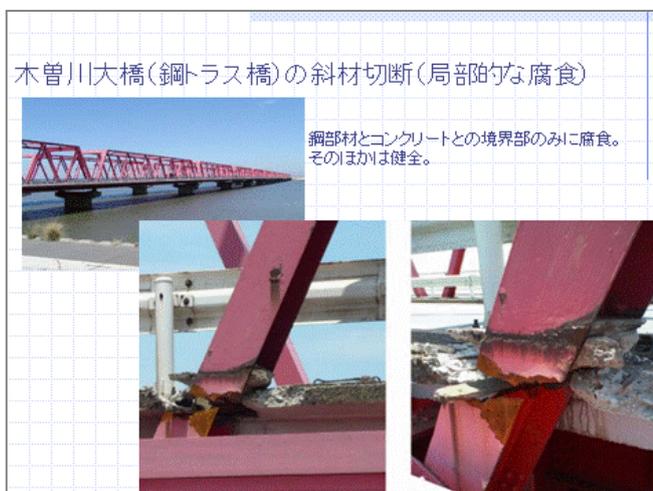
どなたが委員でというのは言えと言われれば全部言いますけど、そんなことは言わない方がいいのですが、これが実態だということです。立派な会社の方が点検をされて、先生方が集まって委員会をやって、でも、これを見る限り現場に行っていないのではないですかね。現場に行けばこんなことしなないです。たぶん図面の上で孔とその位置だけ指示して開けさせたのだと思います。こういうようなものが起きている。

しかもそのとき私は「同じディテールについてはクラック出るかもしれないから見てくださいね」と言ったのですけれども、見ていない。いや、「見たのですけどありません」という答えが出たのですが、これ1年後の点検でたくさん見つかっています。ということは、この辺りのことができていない。ぜひ先ほど申し上げた分析結果を見ていただけたらと思います。

—スライド（木曽川大橋（鋼トラス橋）の斜材切断（局所的な腐食））—

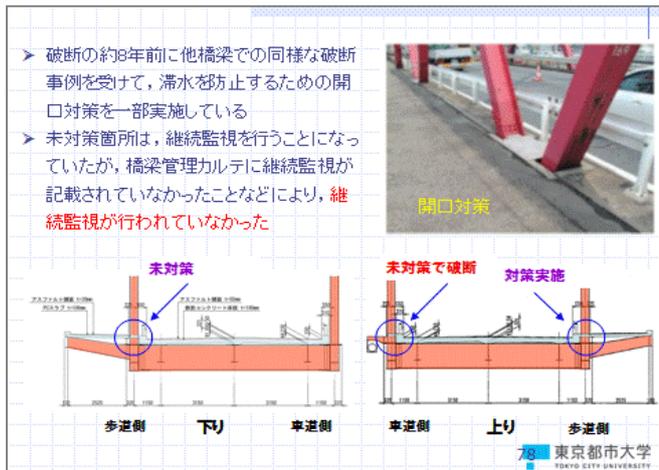
もう1つはこれです。これもよく皆さんご覧になっていると思いますが、木曽川のトラスの斜材が切れたと。ここの斜めに部材が入っている際ですね。ここで腐食が起きるわけなのですが、裏側で実は起きているのです。

これは、この顛末は名古屋大学の山田健太郎先生が土木学会誌に詳しく書いていますので見ていただければと思いますが、8年前に同じような事故が起きているのです。それでこの橋も点検しているのです。それで片側は



対策をとっているのです。取りやすい方をとって、取りにくい方をとっていない。取ってなかったら起きちゃったわけです。

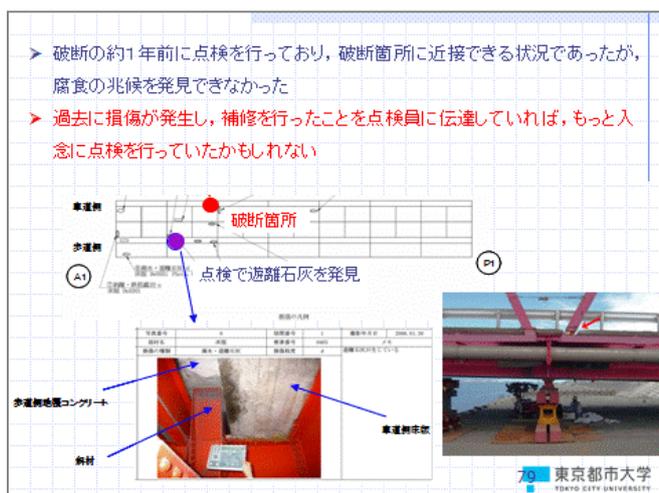
そのときに何が問題かという、継続監視をするようになっていたのです。ちゃんと継続的に見なさいよと言っていたのが、管理カルテに継続監視というのが記載されていなかったのです。要するにこれでは意味がないわけです。ですから、こういうようなことがこの原因になってくる。しかもこの橋はそのときにどうも接近目視という項目が外れていたらしく、遠方目視になっているのです。すると見えな



—スライド（木曾川大橋破断箇所の写真）—

ところが、破断したのはここなのです。木曾川といっても川の真ん中ではなくてここなのです。はしごをかければ分かるのですが、こういうこともできていなかったというのが顛末になります。

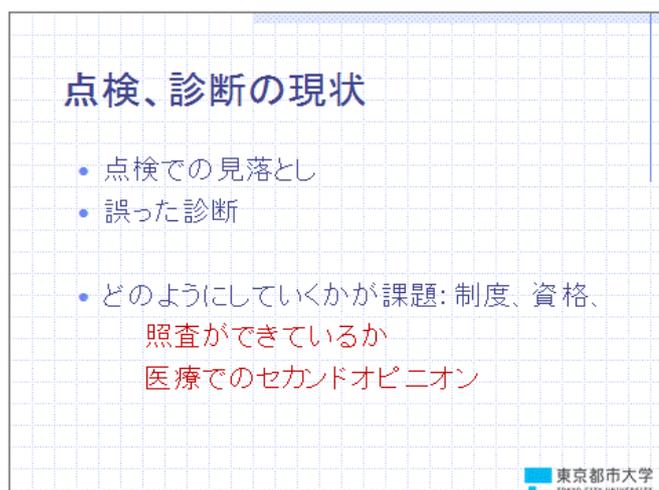
この辺を踏まえたうえで、こういうことにならないようにということで、今回のいろいろな格好での点検マニュアルだとかを作っていると。今橋梁から始まって、かなり構造物で点検マニュアルが今公表。ほぼ公表が終わっています。そういう格好で動いていますから、こういうことにならないようにしていこうということを今対策取っているところです。



—スライド（点検、診断の現状）—

点検での見落とし、誤った診断。レポートを全部調べていくと、どう見ても素人の判断なのです。対策がまたひどいのです。何でも板を当てればいいと思っているのです。単純に板を当てても対策にならないこともあります。そういうようなところをきちんとしないといけない。

やはりどのようにしていくか、制度も資格



もきちんと考えないとまずいと。要するに我々は国民に対してきちんと安心して使ってもらえるようなものを提供しているわけで、これが不安を持ち始めるとどうにもなりませんから、この辺りはきちんとしなければいけない。

今考えているのはこのような業務において、照査ができていますかということ。皆さんの会社も ISO9000 番って照査技師という項目があるのですが、照査の意味がよく分かっていない。照査をしなければいけない。それから、それと同時に医療でのセカンドオピニオンというような格好で、誰でも見えるようにしなければいけないということになります。

—スライド（点検と診断）—

くどいようですが点検と診断は違う。医者の方を考えてみなさいということになるわけです。それから、実際の構造物の挙動は設計とは違ふと。この辺りは事例が語っているのではないかと。単純桁といっても単純桁としては動いてないよと。非合成といっても非合成桁なんてないだろうということになるわけです。この辺りをきちんとしていけないといけないだろうということ。です。

医師の症例数と生存率と書いたのは、皆さんもしも心臓が調子悪くなったら、自分の心臓切るときにどうやって医者を探すかなのです。今ではすぐにインターネットでとれますね、どの病院の何とかという医者に行けば 200 切ったとか、300 切ったとか。同時に生存率も書いてあるのです。これだと思えます。誰に頼めばどうするかというようなことを、全部オープンにしていけないとうまくいかないだろうと思えます。

点検と診断

- 点検と診断は異なる
- これまでの延長でできると思わないこと
- 実際の構造物の挙動は設計での想定とは全く異なる
- 構造、溶接、疲労、腐食などの十分な知識と現場の実績

医師での症例数と生存率

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

—スライド（的確な点検と診断の重要性の例）—

これは太田大臣に点検が大切だという話をしてくれと言われたので、持って行った写真なのですが、ここに疲労クラックがあるので。これは長さ 20mm ぐらいです。この状態で寿命の 60% ぐらいなのです。これグラインダーで削ったら OK なのです。

実は東海道新幹線のメンテナンスをやっているグループには、道具ボックスにグラインダーを入れさせているのです。「深さ 1mm を限度にして削れ」と言っています。「1mm 超えても消えなかったらすぐ報告」と言っているのですが、多くのクラックは 1mm で消えます。そ

的確な点検と診断の重要性の例

疲労などの損傷の進行は対数的、補修・補強費用も対数的。
亀裂に対する十分な知識がないと早期発見は極めて難しい。



表面での亀裂長さ20mm、
寿命の60%
グラインダーで削ればOK
費用は0円



表面で60mm程度の真通亀裂、寿命の90%



ボルト締結で補修、
20-30万円程度

Game over
〇〇〇億円

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

うするとセーフ、無料でこれで終わるのです。60mm程度、これだと心臓ドキドキします。危ないです。これで90%ぐらいです。ただ、これでもこうやれば終わりです。対策費が1カ所20~30万なのです。ほうっておくところになります。何億かかるか分かりません。Social loss 考えるととんでもないことになります。

ところが何が問題かという、これやってしまうとお金にならないのです。だから、今回のレポートの中に「産業界のいろいろな技術開発とか何とかを活用する」というのが入っているわけですが、これをやるためにはお金が無料だとうまくいかないから、こういうのを見つけて対策に対してこれの何がしかを考えるようなことをしないと産業界側は動かないと思います。これどんどん見つけて削っていったら無料になってしまいますよね。インハウスがやるとこれがいいわけです。東海道新幹線はインハウスで削らせているから、かなりが無料になるわけです。この辺りのメカニズムをどう考えるというのは、これから特に管理している側と議論していかなければいけない。

—スライド（点検と診断技術の開発と高度化）—

こういうようなことで、まとめていくと点検・診断・措置、こういうようになるわけです。いくつか話題になることをお話します。

—スライド（論点-1:5年に一度の点検）—

5年に1度とこれはどうかという話で、これを発表したときにメディアがたくさん来ました。「こんなのできないじゃないですかと、みんな文句言ってますよ」と言うけれども、実際は5年に1回だと危ないのです。クラックのように目で見られるようになって、ドンと行くまでの間をだいたい半分にしなないといけないのです。それがアメリカとの2年に1回との1つの根拠になっています。

ですから、何かありそうな場合には1/2とか、1/4とか刻んでいくようなことを考えないと危ないだろうと思います。東海道新幹線は8年に1度総足場かけます。総足場かけたときに徹底的にプロによって見るのです。その間は最低1年に1回は見るような格好でインハウスがやっているというのが東海道新幹線です。この辺りどうしていくのか。

それからあとで出しますが、今年から始まったS I Pでモニタリングの開発がずいぶん行われているわけですが、モニタリングがその間ウオッチしてくれるならモニタリングを使う価値は十分あると

点検と診断技術の開発と高度化
メンテナンスサイクルすべての道路構造物を対象

1. 点検: 5年ごと、専門家による接近目視
2. 診断: 統一的尺度
3. 措置: アセットマネージメント、計画的修繕、修繕か更新か
4. 記録: 評価とみえる化

論点-1:5年に一度の点検

米国などでは2年に一度、点検の有資格者による、接近目視。疲労の可能性が高い場合短縮。NYの大きな橋は毎年

点検周期の決め方
疲労と破壊制御の分野では
検知できるサイズになってから不安定破壊(脆性破壊)に至るまでの長さを基準として
その1/2、1/4、1/5、1/10など。構造物の重要度で決まる。見落としを想定。

東海道新幹線では8年に一度の塗装に合わせて総足場をかけ、詳細点検。その間も
In-House E.による一般点検(毎年)

状況に合わせて周期の短縮する仕組みをつくる、
モニタリングなどでその間をWatchするのも考えられる

思います。ただ、5年間もつモニタリングのシステムは実は今のところないですね。この辺りが問題だろうと思います。

—スライド（論点-2：高い技術を有する者による点検と診断）—

それから高い技術を有する者。これが難しいのです。点検の Who、When、Where、How。これを Why を入れたほうがいいかもしれないのですが、先ほど見ていただいたような反省に基づいてこれはきちんとしなければいけない。点検技術者がきちんと分かった人間がやらなければいけない。いろいろな技術者が1人ではだめだと、カンファレンスという皆で集まって議論をするようなことをしなければだめだと。それから直すとか直さない

論点-2: 高い技術を有する者による点検と診断

点検のWho, When, Where, How. 現状の反省に立って考える

- 点検技術者: 損傷に対しての知識に基づいた的確な検査。医療における検査技師
- 診断技術者: 損傷発生のメカニズムまで熟知していること—医療における総合医療。コンフェレンスが必須
- 措置の決定にはさらに詳しい専門医も必要
- いずれも現場経験が必須

いくつの現場をこなしてきたか、その成功率は。医療での症例数と生存率に対応

点検と診断の技術者の育成、資格制度を含め検討中

集中が必要ではないだろうか。

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

とかの措置については、もっと詳しい専門員もいるだろうということです。いずれも経験が必須、現場なしではできない。いくつ現場をこなしたかと、その成功例を全部データベースにすればいいのですよ。この辺りをこれから先どうしていくのかと思います。

—スライド（点検技術者の養成(今年より開始)）—

点検技術者の話は、まず管理者側からいこうという話で動き始めています。初級、中級、上級、ということで、初級1週間ぐらいで地方整備局単位でやっている。中級が国交大学の係長研修を振り分けて2週間、テキスト統一です。テキスト統一で、できれば試験もやりたいということで、ある意味ではテキスト統一して試験をやれば車の免許と同じでどこが出してもいいわけです。これは国交省がやるとかやらないとか言わなくても、それがきちっとできるならば、そういう格好もある

点検技術者の養成(今年より開始)

- 管理側の技術者の養成
 - 国土交通省、地方公共団体
 - 初級 地域整備局単位で実施
1週間
 - 中級 国土交通大学校で実施
2週間
 - 上級 鋼構造、コンクリート構造

統一したテキストブック、試験の実施

東京都市大学
TOKYO CITY UNIVERSITY

かもしれない。ただ、みんながとるようなものでもないだろうと思っています。この間もあるテレビ番組で私は500人いればいいだろうと言いましたけれども、最低年間50ぐらいの橋をみないと目が肥えてこない。肥えてきたら年間10基でもいいかもしれないですよ。でも、そうでもしないと代り番こに見に行ってもこんなの分かるわけない。かなり目がないとできない。

—スライド (5. 新しい技術に関心を持とう)

それからもう 1 つは少し新しいこともやった方がいいだろうと。これは新しくはないのですが、技術開発のところに入ります。ぼちぼち骨組解析やめませんかということです。未だに設計では骨組解析とか、格子解析とかやっているのですが、私はやめ。こういう議論をするときに、メンテナンスの議論をするときにはこれは全部やめた方がいいと。今パソコンでFEMとか簡単にできますから。うちの研究室の学生が持っているパソコンでも100万要素ぐらいのFEMすぐ動きますから、もうこういうのに変えた方がいいだろうと。

—スライド ((1) 骨組み解析ベースの設計計算からの決別。)

土木の世界ってこれ驚きなのですが、これほど合わない計算をベースに物を造ったりメンテナンスしている世界はないです。

—スライド (実験状況写真) —

これ私がやった実験ですが東名高速です。B活荷重の設定ときに行った実験です。これ50トンのトラックを4台並べました。

—スライド (解析モデル) —

FEMと合わせてみたのですが、そのときに言えることはこれが設計計算です。これが測定FEMです。これがFEMでは合います。

5. 新しい技術に関心を持とう

- 構造解析
 - FEM, 構造物の実挙動と合致すること
- 鋼材と溶接
- 非破壊検査
 - フェーズドアレイ超音波探傷
 - 渦電流
- センシングとモニタリング

東京都市大学
TOYO KYU-UNIVERSITY

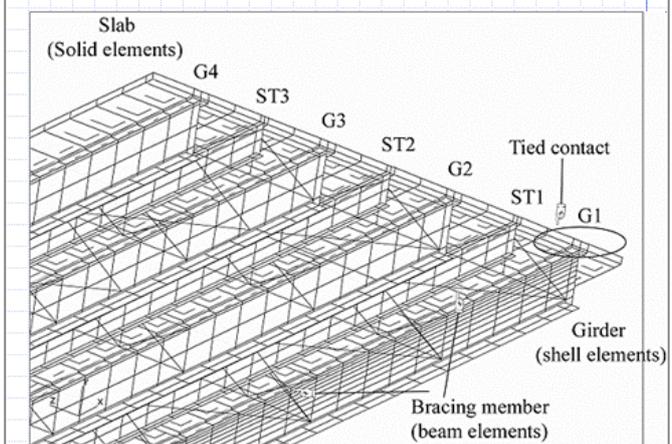
(1) 骨組み解析ベースの設計計算からの決別。

- 実応力比: 実測応力/設計計算応力(同一の荷重条件下)は**0.5-**
 - 残りはどこが負担しているのか? → 疲労の原因
 - 疲労を考える上では実際の応力が重要。
 - 特に疲労に対する補修・補強においては必須。
 - FEMでは容易に合うような解析が可能。
- **これほど合わない計算をベースにモノを作り続けているのは橋だけでは?**

東京都市大学



もっと重たい荷重(B活荷重のレベル)での試験
土論0.8(2007) 東京都市大学



—スライド

(スパン中央断面での G1 桁内の応力分布)、
(スパン中央での各桁のたわみ) —

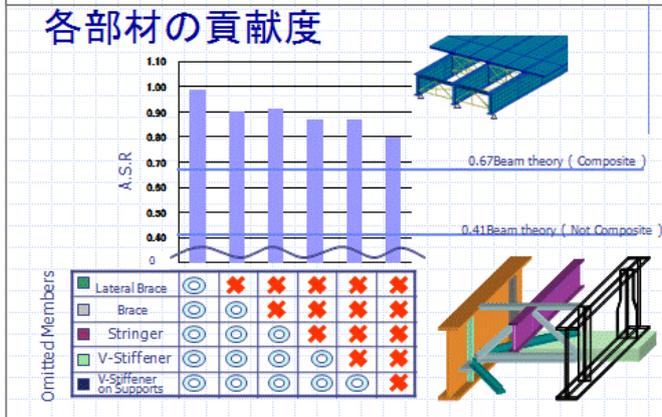
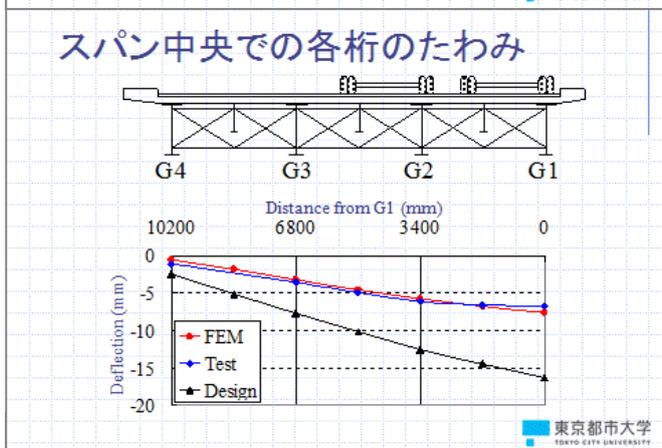
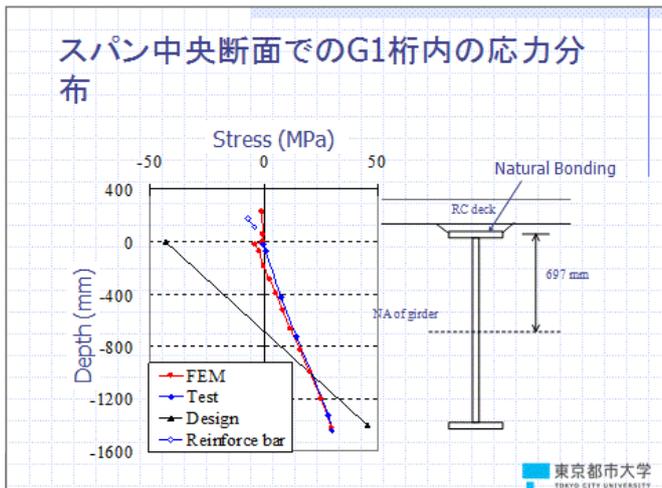
たわみです。設計計算でやるとこんなにたわみができます。実際はこれだけしかたわみません。これで議論すればはるかに、ほとんど何も手を入れなくてもいいものがたくさん出てくるわけです。あとはディテールだけの問題になります。こういうことに関心を持った方がいいと。

—スライド (各部材の貢献度) —

これはややこしいからもうやめますが、いろいろな部材がいろいろな貢献をしているわけです。その結果、梁理論の半分しか応力が出ないことになってしまうわけです。FEMでやると全部出ます。

—スライド (Boeing 777 Wing Test : 確証試験として実施される) —

これは学生によく見せるビデオなのですが、飛行機は開発の最後に機体を壊すのです。これウェブでとれますが、安全率 1.5~1.6 の間に入っていないと失格になります。これ今手を叩いているのは設計者ですね、1.5 を超えたと喜んでるわけです。次の心臓ドキドキは 1.6 を超えるとパーなわけです。どんどんやっていくわけです。これドキドキしているのです。あとアナウンスも入っているのですが、1.55 だと思いますがバキッと折れるのです。これぐらいできるのです今やれば。これで歓声が上がるのです。2ヶタまで合うのです。土木は倍半分でいっているのです。これはまず変えることだと思います。こういうことをやらないとうまくいかないのです。



—スライド (2) 鋼材、溶接材料に関心を持つ—

材料は同じSM材でも年代によって全然違います。

—スライド (内側ダイヤフラムの溶接…)—

これは注意した方がいい。

実は首都高の現場で経験したのですが、溶接で補修し、UTをやって、なんか変な割れの兆候が出て来たのです。それでコアを抜いてみました。

そうすると磨くとこんなのが出てくるのです。板の真ん中で割れているのです。ラメラティアという割れで、昔よく起きた現象です。

—スライド (Lamellar tear の発生は1960年代の重要な問題…)—

ラメラティアは鋼材中のサルファの量によります。

—スライド (鋼材製造における S 除去の能力の変遷)—

ここが限界になるわけですが、これと当時のA~Eまで鋼材メーカー5社の製造能力です。この赤い線が、このラインより上はアウトです。これからいくと、1967年この辺りまでですとみんなアウトなのです。

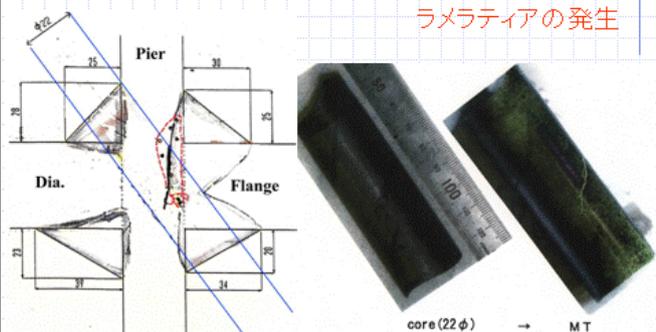
ですから1967年ぐらいまでの鋼材はへたに溶接すると割れますよとっているのです。なぜこうなったかという、やはり鉄鋼会社の技術開発で連続製造などと言っていました、サルファが入っていると割れるそうです。この辺りで今は大丈夫なことでも、昔の鋼材は触ってはいけませんよということですね。

(2) 鋼材、溶接材料に関心を持つ

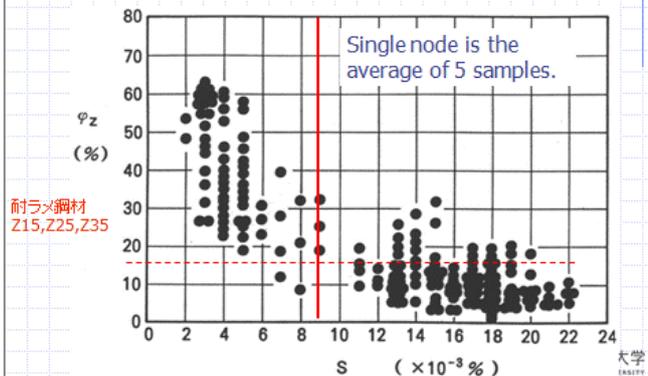
- 同じ規格の鋼材でも時代とともに変わっている。
- 強度はCVNを除いて大きな変化なし。
- 化学成分は1970年ころに大きな変化(清浄度の改善、特にS)
- 今の鋼材の感覚では溶接は出来ない。われの危険性が高い。

- 内側ダイヤフラムの溶接が終了した時点で溶接部に対して超音波検査。割れを発見。ただし割れは母材部。
→コアの抜いての検査

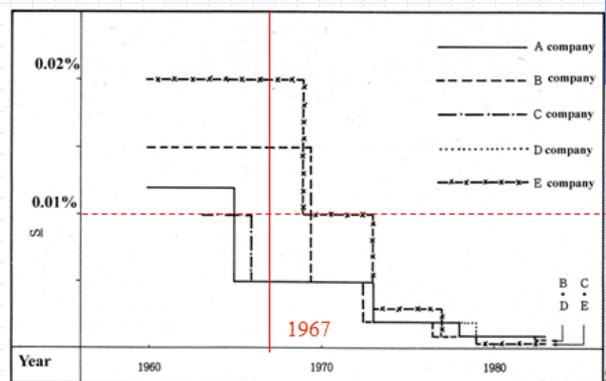
ラメラティアの発生



Lamellar tearの発生は1960年代の重要な問題
その発生については鋼材のz方向引張試験の絞り率RAZに強く関係し、それはSの量に關係する。



鋼材製造におけるS除去の能力の変遷

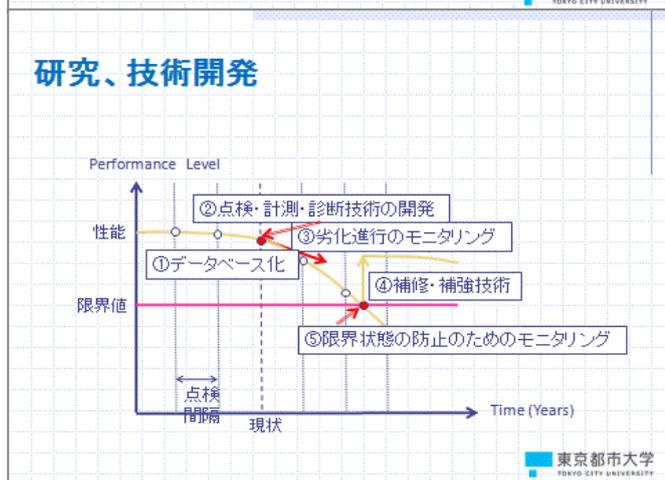


—スライド (4) モニタリング: Smart bridge) —

それからモニタリングの話をしします。
私のところはずっと昔からやっているのですが、この話を私の都市大の学長の中村英夫先生に話をしたら、こうかなって彼が言ったのです。それを使わせていただいているのですが、モニタリングは「橋に神経と脳を取り付け、傷を受けたら痛いという」という、中村英夫先生の言葉なのですが、確かにそのとおりなのです。今すごく流行り始めています。

—スライド (研究、技術開発) —

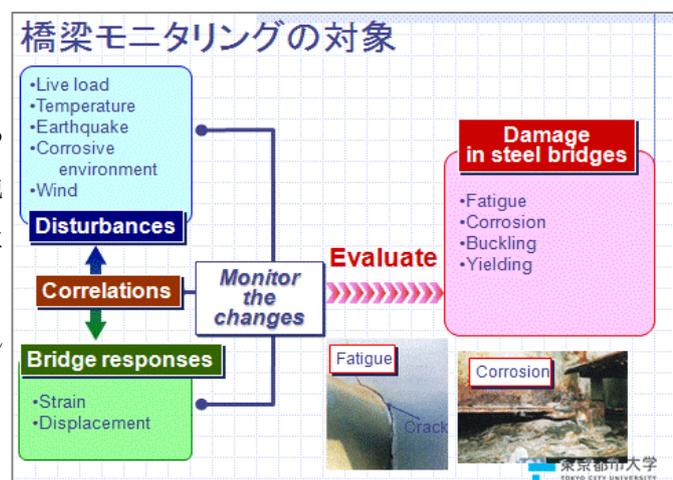
構造物というのは使い始めると徐々に劣化をし始める。それで、点検・診断というのはこういうところで、現時点でどれぐらいの体力があるか、実はできたときにどれぐらいかかって分からないのです。どれぐらいの出来栄が全然分からないのです。コンサルタントによっては1回の点検で、性能曲線を描きますよといいますが、「本当かよ」って言いたいですね。できるわけないのですよ。東京都だけは同じ点検マニュアルで4回、5回やってますから、やっとこのカーブが描け始めました。このカーブが描けたら大成功なのですね。点検というのはこういう格好で、現状の耐力を見る。これがどれぐらいなのだろうということですね。



それからモニタリングというのはこれを見るのですね。どういように行くのかなと。例えば5年ピッチでやっているときに、5年間いかなというのもモニタリングの1つの対象になると思います。それからさらに限界状態をとめるというのもモニタリングの対象になります。この辺りがモニタリングになってくるわけですが、これは使えるだろうと思っています。

—スライド (橋梁モニタリングの対象) —

我々はいろいろなことをやってきているわけですが、外部からの荷重、外乱だとか、地震力とか、台風とかをチェックする。これはいわゆる橋ができたときの動態観測という名前で呼ばれているものにほぼ等しいと。それに対して、ブリッジのレスポンスを見ると。歪みがどうかとか、変位がどうかというレス

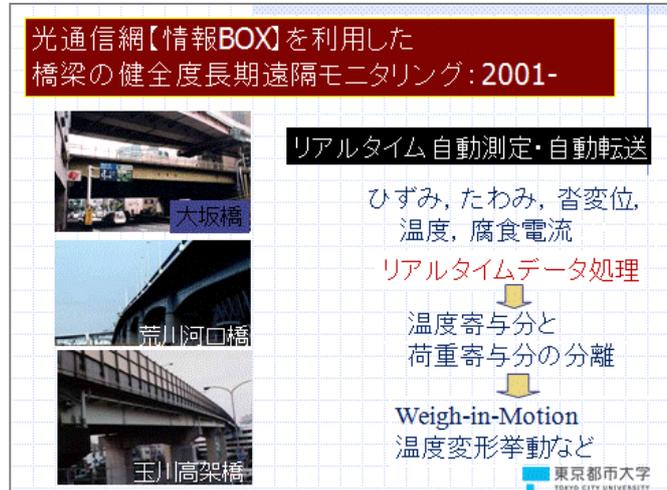


ポンスを見る。ではこういう外乱とレスポンスと見比べると、構造物が変わっていくかなど。これが捕まえられたら勝ちですね。これが目標になるわけです。

モニタリングで Fatigue とか、Corrosion とか、Buckling とか、Yiedling とか起きるのをどうにか予知したいというのが目的になってきます。

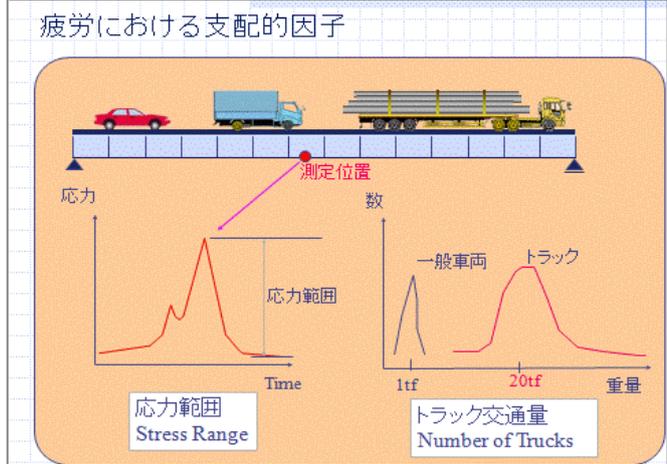
—スライド（光通信網【情報BOX】を利用した橋梁の健全度長期遠隔モニタリング）—

これは建設省東京国道事務所と2000年ぐらいからずっとやってきました。15年前にここまでできているということですね。全部リアルタイムで自動測定で、全部データ処理をして、活荷重から何から全部分かるようにしています。



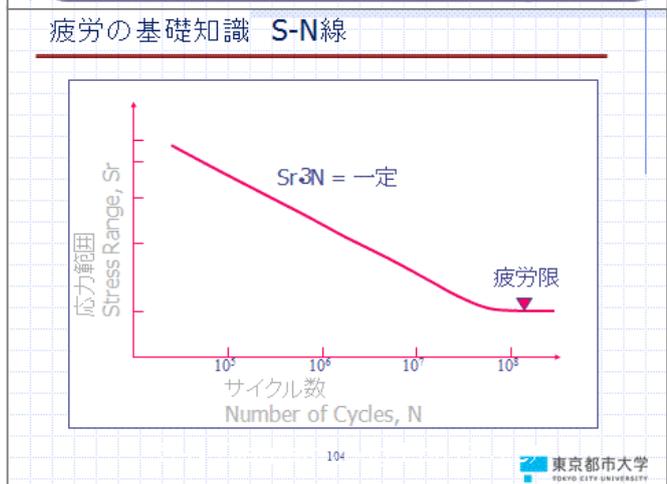
—スライド（疲労における支配的因子）—

例えば疲労としては、活荷重の大きさが一番問題になります。ここに条件に書いてありますが、普通の車は1トンぐらいで、トラックは20~25トンですけれども、実はどれぐらいかということですね。



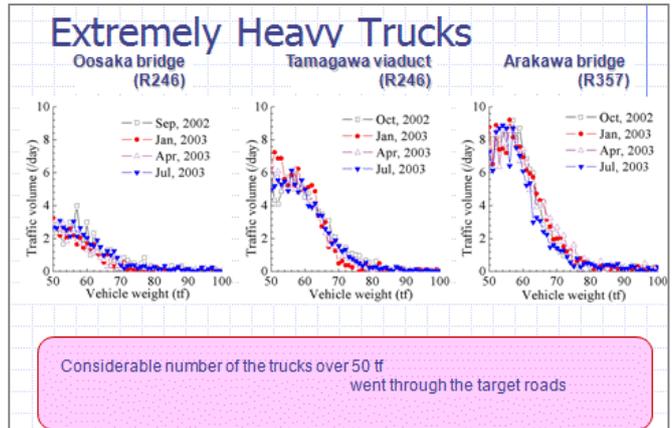
—スライド（疲労の基礎知識 S-N線）—

S-N線の勾配というのは、S-N線というのはlog-logで勾配3です。ということは、応力が倍になれば8倍ということです。1トンと10トンではダメージが1,000倍違うわけです。そうすると活荷重が一番大切なのですが、実はこれ建設省と一緒にやったモニタリングの結果ですけれども、50トン以上のプロットです。100トン車が通ります。これが、過積車両を取り締まれと言っている1つのあれになるわけです。これを現状どうするかということです。



—スライド (Extremely Heavy Trucks) —

これ 2001 年からやったときの、2002 年～2003 年のデータですが、3つの橋で随分違います。橋ごとに随分違うのです。玉川というのは246で神奈川県から入ったところですが、神奈川県で入ったときは結構大きいのがあって、環八・環七で逃げて、渋谷の傍まで来ると随分軽くなっているのですかね。こんなのが分かります。それから、荒川河口橋というのは千葉からはいったところですが、これから見ると千葉からの車は随分重たいなということになるわけです。こういうこともメンテナンスに効いてくるわけです。この辺もきちんとやらないといけません。



—スライド (センサー、通信のすべてを光ファイバーで構成・実証実験 (2006-)) —

これをもう少し進んだバージョンのシステムが首都高についているのですが、もうストップしていますが、これも全部全自動です。要するに一切手を触れずに活荷重から何から全部判断するようにしているのですが、それをずっと累積して行って。

東京都市大学

センサー、通信のすべてを光ファイバーで構成・実証実験 (2006-)

橋梁の状態を瞬時・継続的にモニタリングする仕組みの開発

共同研究の目的

- 地震発生時における被害状況の迅速な把握の実現
- 平常時における橋梁異常の早期発見の実現
- 疲労損傷予測に必要な重量車両の継続的把握の実現

実験システムの特徴

- 複数種のセンサーからリアルタイムでデータを集約し、被害情報を表示
- 重量車両の通行状況を常時収集し、統計情報として提供

実証橋梁(渋谷3号線)

H20年2月より新着4年毎(但多数)中央線(道徳)を通知

情報センタ(大手町)

首都高本社(虎ノ門)

新築橋梁 実証実験場

—スライド (統計情報(通過車両重量情報)) —

このシステムの特徴は10トンを超えたトラックについては全部顔写真を残しています。実はこの写真の中には登録番号から、運転手の顔まで全部分かります。

統計情報 (通過車両重量情報)

- ひずみデータから通過直後に車重を算出し重量車両のみをリストアップ
- 統計情報として路線毎に長期的傾向を把握可能

重量車両検知システム ver. 1.0

監視地点 XX

重量車両検知画面

車両検知画面 (監視映像が利用可能な場合)

統計情報表示画面

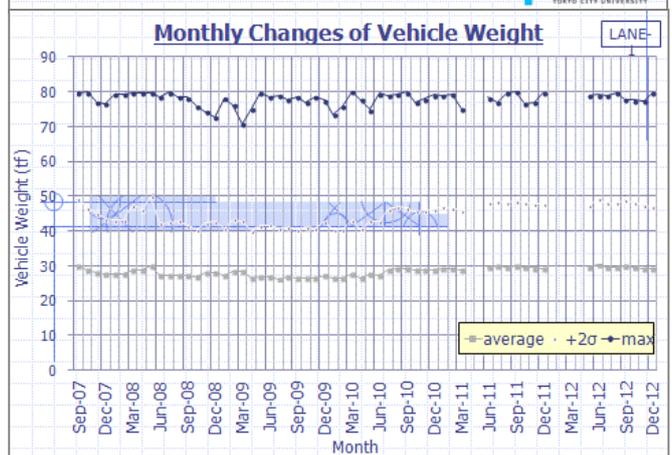
時間推移

重量分布

東京都市大学

—スライド (Monthly Changes of Vehicle Weight) —

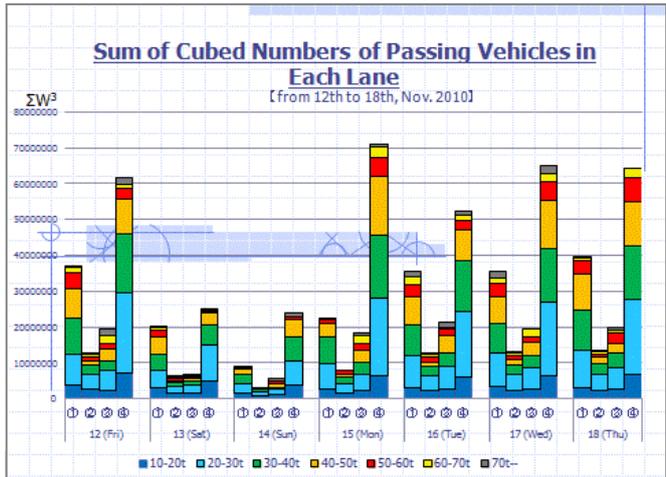
これほどやっていて異常値がでれば警告が出るようにしているのですが、少し5年間のデータをまとめてみました。10トン以上の車のアベレージが30トン、5年間変わりません。



それから月の最大値は80トンです。これも5年間変わりません。こういうものがメンテナンスの計画上、結構参考にはなるだろうと。

—スライド (Sum of Cubed Numbers of Passing Vehicles in Each Lane) —

それから交通荷重は曜日によって違います。金曜日から木曜日、少し変な切り方をしていますが、金曜日から木曜日までやっているのですが、1番は登りの走行、それから追い越し、追い越し、下りの走行になるわけです。レーンによって大型車は走行車線に集中するということですね。こんなのも何に使うのかと言われても困るのですが、1回取ったら使い道はあるかなというやつです。



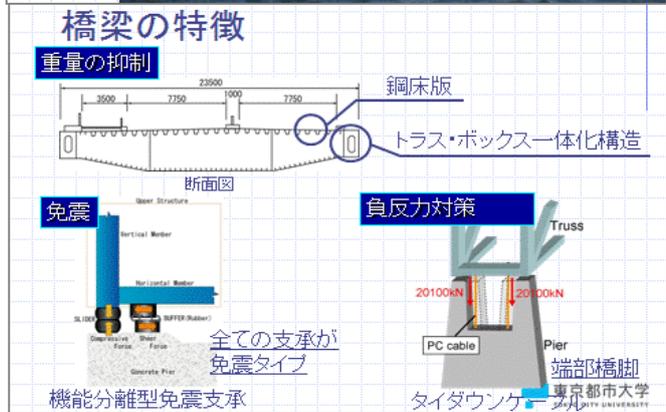
—スライド (東京ゲートブリッジへの適用 従来の動態観測をモニタリングへ) —

東京ゲートブリッジ、これはずっと設計のときからつきあってきたのですが、少しモニタリングを入れてあります。



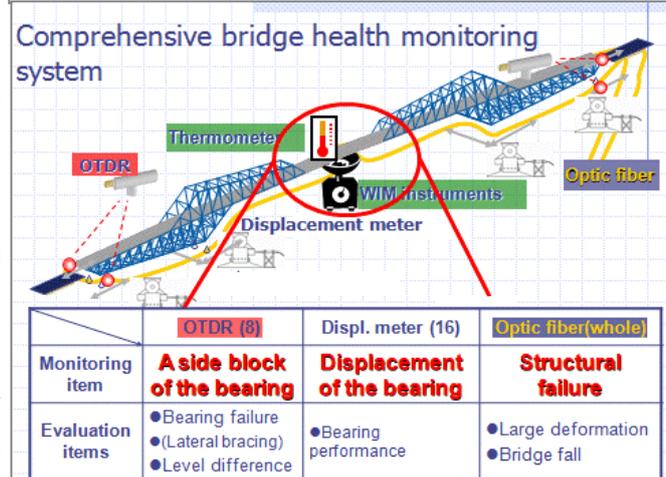
—スライド (橋梁の特徴) —

この特徴は免震支承なのです。巨大な免震支承が入っています。機能分離型です。まともに動くか心配なこともあってモニタリングを入れてあります。



—スライド (Comprehensive bridge health monitoring system) —

これはダメージシナリオ型モニタリングと私は呼んでいるのですが、地震力をずっと高めていってその結果どこが壊れるかということシナリオを作ったうえで、いろいろなセンサーをつけていったと。こんな格好でセンサーがたくさんついてます。まだあまりい



いデータが取れていないので、データが取れ始めたらまた公開したいと思います。

—スライド（経済産業省 METI）—

これを見てセンサー業界が動きました。去年だと思いますが、茂木大臣が見たいというので案内したのですが、茂木大臣を案内したあと、METI ジャーナルというのは経産省のオフィシャルジャーナルですかね、こんなのが出てきました。これ表紙ですけれども、ここでもいろいろな話をしているのですが、センシングやモニタリングでメンテナンスのレベルアップをすることは、可能性はあると思います。



—スライド（これは実現可能か？）—

ただこれにリンクして、日経エレクトロニクスというジャーナルに出たモニタリングのイメージがこれです。これ見た瞬間「ばか」と私は思いました。全身センサーです。センサーがそういうものができればいいかもしれませんが、ただ我々はセンサーに対して夢は持っています。それは全部人力というわけではないから、ここまではいかないだろうけれども、何か考えることはできるだろうと。



これは実現可能か？

—スライド（おわりに）—

これは最後ですが、目指すメンテナンス（予防保全型）。予防保全型にすると、うまくいけばお金がかからなくなります。ただ下手をすると損傷を育てる人が出てきます。これはある事故で弁護士と雑談をしていました。予防保全は私は防犯だと思っています。防犯です。警備のときに芽を摘んでしまえば大きな犯罪にならない。弁護士に「弁護士は防犯好きですか」と聞いたら、「それは難しい質

おわりに

目指すメンテナンス(予防保全型)とは
ミニマムなコストで安全・安心・快適な社会資本の確保。
全ての橋梁をプラス100年、使えるように。
技術革新によりそれは可能。

A photograph of a large steel truss bridge at night. The bridge is illuminated with lights, creating a glowing effect against the dark sky. The bridge spans across a body of water, and its reflection is visible in the water below.

間ですね。弁護士ビジネスが無くなりますね」と言いました。

ですが、我々は公共事業であり、我々はこういうものを自分たちでメンテナンスしているわけだから、うまくいけば防犯になるわけです。そうすると、一気にメンテナンス費用が落ちるだろうと。ミニマムなコストで安心・安全・快適なことになるわけで、できればプラス 100 年に。どんなに壊れていても、修繕することはできると思いますが、安全性と経済性、すなわちそのときに直した方が安いかどうかですね。社会的なロスというのも考えないといけないわけで、この辺りのことも踏まえて取り替えるか、修繕するかを考えていかないといけないと思います。今までこの分野はあまり技術開発をやっていなかったわけだから、本気になって皆で技術開発すればそんなに難しくないだろうと思っています。

どうもご清聴ありがとうございました。

第 3 章 一般講演

第3章 一般講演

3.1 国総研の最近の話題

(研究総務官 藤田 光一)

皆さん、おはようございます。研究総務官の藤田です。

こういうタイトルでご紹介をしたいと思います。このあと東京都市大学の三木先生をはじめ、国総研の研究部長、研究センター長が目下精力的に取り組んでいる内容をお話しします。それがありますので、私はこの30分を、そうした活動の全体像、特にどういう取り組みのスタンスで臨んでいるかを少し具体事例を交えて総括的に話をしてお話をして、全体のイントロにあてさせていただきたいと思います。お手元、製本している物とは別に「国総研の最近の話題」というものがあります。これは私がこれからお見せするスライドになります。そんなに難しい話はいたしませんので、基本的には画面を見ていただければと思います。よろしくお願いいたします。

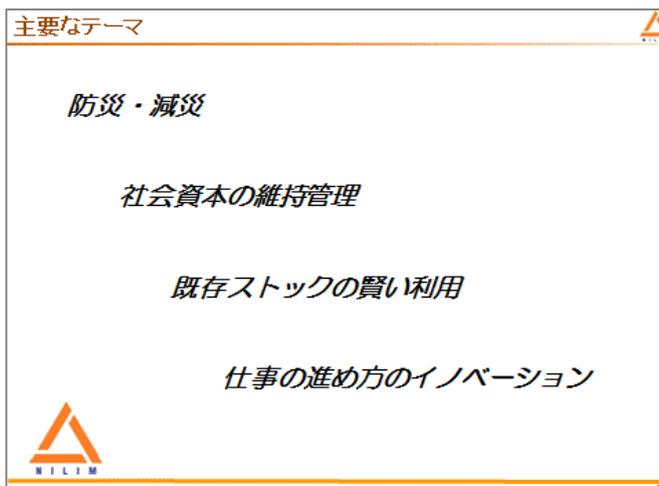


写真-4 研究総務官 藤田 光一



—スライド：主要なテーマ—

主要なテーマ、何に重点的に取り組んでいるかということです。先ほど所長からの挨拶にもありましたように、こういう重点テーマをしっかりと意識してやっていく。地球温暖化対応、これも当然ここに入っています。4つのテーマがずっと固定的ということではなくて、その時々で何が大事なのかということに常に意識しながら仕事をしていく。これがまず第1のポイントでございます。



—スライド：活動の4本柱—

それからやはり所長の説明でありましたように、「活動のやり方」—これも明確にポイントを作っ
て行こうということで、この4つをしっかりと踏まえるということになります。

—スライド：研究分野と国土マネジメント—

私ども国総研の研究部・センターがカバーしている範囲は大変広うございます。この図の背景として示してありますが、山があつて、海があつて、平野があつて、そこにさまざまな人間活動がなされ、それを支える社会インフラ・社会基盤があり、あるいは住宅資本がある。こういった絵の中で、私どもの研究部の、あるいはセンターの名前を重ねますとほぼ全てをカバーします。個々の分野の研究活動、これをしっかりやる。同時に互いに連携していくことで、左上の標題に書いてありますように、まさに「国土のマネジメント」ということにしっかりつなげながら、国土との良い付き合い方をどんどん作って行く。こういうことがわれわれの分野だというように考えております。

—スライド：活動の源泉—

活動の源泉ということを少し考えました。国総研はいわゆる何て言いますか、世界の最先端の科学を追究するというのとはちょっとニュアンスが違います。むしろ次のようなところが長所だと思います。まずは、非常に「幅広い人材」があります。もちろん、これから各部長さん・センター長さんがお話しになりますが、根幹技術のプロ、これが私たちの活動を根っこで支えています。しかし、それだけではないです。非常に現場経験豊かなそういうスタッフがいいます。これは現場の感覚というものを、根幹技術のプロと切磋琢磨した中で議論するというそういう相乗効果をもたらします。

それから、非常に実務マネジメントの経験が長い、そういう職員もいます。そういう人は全体を俯瞰しながら何がポイントか、現場に技術を実装するのにどういう仕組みが必要か、そういうところに非常に職見があります。それから民間の多くの方々を受け入れて、研修として技術力を高めながらやはり一緒にものを作っているという制度も積極的に活用しています。それから任期付研究員ということで、個別分野の高度な専門家も来ていただいて一緒にやる。こういう幅広い人材に基づく総合力があるというのが私どもの組織の強みかなと思います。

活動の4本柱

①研究、技術基準原案の作成

②コンサルティング（技術指導・相談）

③技術移転（研修講師、講演会、人材育成）

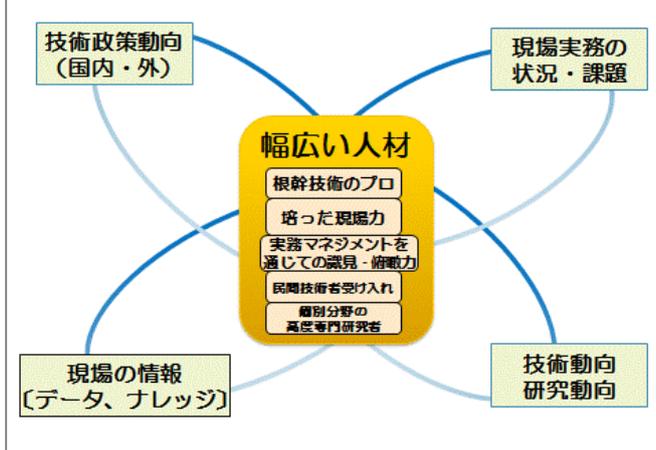
④コーディネーター（“扇の要” 役）



研究分野と国土マネジメント



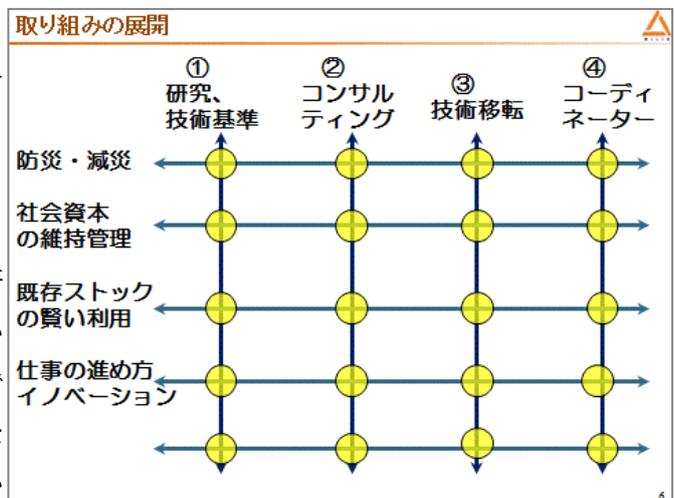
活動の源泉



そういう根幹の強みを、「現場の実務の状況・課題をよく分かっている」、それから「ファクトに裏付けられてデータとかナレッジということをしっかりグリップしている」、当然のごとく「技術動向だとか、研究動向、これは学会活動はもちろんですがそれだけではなくて、民間のいろいろな研究開発の動向も含めてそういったものにしっかり接点を持っていく」、そして「技術政策。これは本省とかもちろんですが、国外も含めていまだどういふ政策の動向があるかということをしっかり押さえていく」ということにつなげる仕組み、広がりの中で、われわれの活動をより有効なものにしていこうというスタンスを持っております。

—スライド：取り組みの展開—

以上のような国総研の取り組みの基本をまとめて示すとこのスライドのようになります。今日の残りの時間は、この黄色の○のついたところ、つまり、研究があってそれが基準になり、コンサルティングになり、技術移転になり、コーディネーターになる、このようにして国総研の取り組みが井桁構造の中で展開していくということ、代表例をいくつかお話することで皆さんにお伝えできればと思っております。なお、個々の分野で研究活動の一番力を入れているところ、それから活動のやり方については、これからいろいろな研究部長・センター長さんがお話になりますので、私は、取り組みの展開というところの説明に重点を置きたいと思います。



では、具体事例に入ります。なお、地球温暖化も含めてまだまだ新しい課題が出てまいります。このスライドにある井桁に固定するというだけでなく、こういう井桁構造でわれわれの活動を展開していこうというのがポイントでございます。

まずは防災・減災です。最初の事例は「粘り強い海岸堤防」であります。多方面で精力的に復興が進んでおりますけれども、いまお話しするのは仙台南部で東北地整が行っている直轄の海岸事業についてです。ここでもやはり、東日本大震災の津波で海岸堤防がズタズタになりました。その復旧の取り組みがようやく、本年度9月までで32kmの復旧延長に対して8割まで来ています。

—スライド：活動紹介～防災・減災1：粘り強い海岸堤防—

もちろん復旧・復興というのはこの陸地のとこ

ろがなってこそでありますけれども、何といても高潮とか津波からこの土地を守る最前線、先兵としてこの海岸堤防があるということが地域に安心感を与えます。そういう意味で非常に大事な復旧事業になっています。

—スライド：活動紹介～防災・減災1〔研究、技術基準〕—

しかし海岸堤防の復旧は一筋縄ではいきませんでした。というのは、やはりあれだけの災害になり、このスライドにあるように、今までの海岸堤防ではなく、津波が堤防を越えても粘り強く効果が発揮される構造物の整備を進めることが必要との政府の方針（中央防災会議）が出されたわけです。ここに9月と書いてありますが、確か中間報告は6月の時点であったと思います。つまりあの震災が起こった3か月後には、ただの海岸堤防の復旧ではだめだと。粘り強く効果を発揮するような構造物について技術開発を進め、整備していくことが必要であると。こういう政府の方針が出されました。

一方、現場は8月にはもう大変な努力の中で緊急復興事業が完了して当座の高潮、津波を防ぐ最適な手当てをいたしました。それからもう翌年1月には本復旧工事が始まりました。

こういった中で、いったい粘り強く効果を発揮する海岸堤防とは何ぞやとじっくり議論して、技術開発をゆっくりやっている暇はなかったわけです。そこで国総研の中で、過去の研究実績を生かして、実験をやったり、計算をしたり、現場データを分析しながら、どのような堤防を作ったらいかということを一気に検討してお知らせする技術速報というものを2回にわたって出して、そういったものが反映されて先ほどご紹介した工事が進んでいったわけです。技術速報というのは、現場の方が緊急に必要としている技術検討成果を速やかに伝えるために、東日本大震災を契機に新しくできた国総研の刊行形態です。

活動紹介-防災・減災1〔研究、技術基準〕

海岸保全施設等の整備については、設計対象の津波高を超えた場合でも**施設の効果が粘り強く発揮できるような構造物の技術開発を進め、整備していくことが必要である**
【東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会（中央防災会議）報告（H23.9）】

↓

- ・H23年7月：津波浸水シミュレーションの手引き →堤防高の決定に（水管理・国土保全局、国総研）
- ・H23年8月：緊急復旧工事完了→現場
- ・H24年1月：本復旧工事に本格着手→現場
- ・H24年5月：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第1報）（国総研技術速報No.1）
- ・H24年8月：粘り強く効果を発揮する海岸堤防の構造検討（第2報）（国総研技術速報No.3）

—スライド：粘り強い海岸堤防の基本構造を提示—

どのような構造で粘り強くなっているかの細かな中身の話に今日は入りません。ごく簡単に紹介すると、どうしても海から津波が乗り越えるここ（陸側の法尻部）のところの水をしっかりと跳ねる構造物が必要だとか、陸側法面のブロックをうまい噛み合わせ方にしてズレがあっても流れをまともに受けられないようなズレし

活動紹介-防災・減災1〔研究、技術基準〕

○粘り強い海岸堤防の基本構造を提示

△計画堤防高(T.P+7.2m)
 H=4.2m
 地盤高(T.P+3.0m)

△陸側
 △海側

△法尻部の強化

- 越流水の方向を変える →裏法尻の洗堀を堤防本体から遠ざける
- 基礎処理 →洗堀への抵抗性を向上

△天端被覆工の補強

- 天端被覆工の部材厚を確保
- 空気抜き孔を設け、越流時に堤防内の有害な空気圧を抜く

△陸側法面の補強

- 被覆工の部材厚を確保、法面は負担に耐えるよう一体化
- 被覆ブロックの連結を**かみ合わせ構造**に →越流時に下流側となるブロックの突出を防止

か起こらないように工夫するとかですね。それから、流れが曲がって負圧になるところを一体化するとか、いろいろな工夫を提案してそれが現場に反映されています。

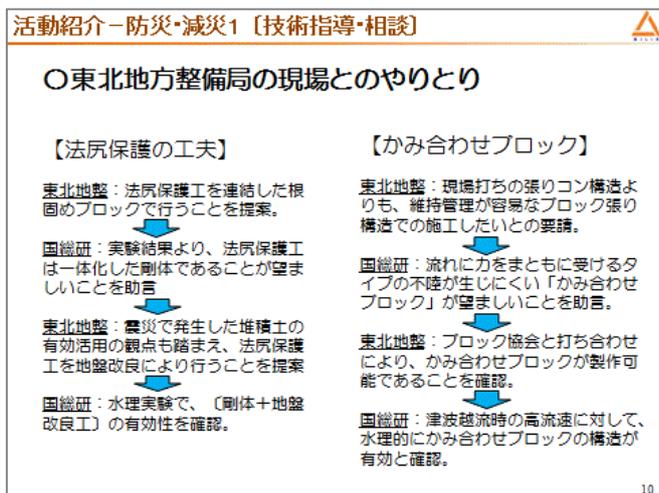
—スライド：活動紹介～防災・減災1〔技術指導・相談〕—

大事なことは、実はこの過程で、この場合は東北地方整備局の現場の方が相手になったわけですが、国総研と現場でいろいろなやり取りをしました。この技術開発の内容は、こういう方々の合作だったというように思っています。

例えばまず現場の方から、陸側の法尻の保護について「普通に作れ、手に入るこの規模のブロックでやりたい」と。国総研は「それでは持たない。もっと大きなもので作るべきだ」という提案をしました。地整さんは、今度は「だったら津波

が持ち込んだ大量の堆積土を少し改良して、その周りに固めたらもっと強くなるんじゃないか」とそういう説明をいただいて、「それはいいね」ということで実験で確認し、国総研発案と現場発案が一体となった構造が提案されました。

あるいはブロックの採用です。かなり早い段階で材料の不足が予想されました。となると東北地整内で材料を調達しなければならない方式でなく、地整の外から完成した部材を運べば工事が進む方式にする必要があるということになり、現場で一体的なコンクリートを打つというのではなく、コンクリートブロックを敷くことをベースにする必要がありました。どうしてもブロックはバラバラですから、ちょっとずれると変なふうに壊れてしまう。それを「不陸が生じても変な不陸、弱い不陸になりにくい形を工夫しよう」と、こういう提案を国総研からして、そんなブロックできるのだろうかということを経験して、できると確認して、それで実験でやっただ。実は国総研の研究の内容、あるいはその現場への反映というのは、現場とのキャッチボールでこうやってできていく側面があると。これは1つの大事なポイントということであろうかと思えます。



—スライド：活動紹介～防災減災2：土砂災害現場への緊急技術支援—

防災減災の2点目は土砂災害です。いま所長からも話がありましたように、今年も深刻な土砂災害が起きました。これに対して国総研は、土木研究所の専門家とも連携して緊急技術支援というのをしっかり行ってまいりました。

これは8月20日の事例です。8月20日の未明に非常に痛ましい災害がありました。その日の朝、国総研は現場に派遣する、技術支援をするということを決めて、砂防研究室長の蒲原さん、同主研の松下さんが広島に午後には着きました。そして中国地整のスタッフと合流してすぐに安佐南区の八木地区へ直行して現地調査を始めました。調査後は現場においてマスコミへの説明をいたしました。

その内容ですけれども、当然のことですが自ら入って溪流の調査をする。そして自衛隊、警察、消防は、捜索をして救援・救助を迅速に行うために、安全に入れる溪流はどこかを急いで知る必要がある。そういった方々に、自らの溪流調査の結果を踏まえ、入れる溪流について技術的助言をいたしました。さらに、住民の方も含めて自治体や地方整備局の方々に、今後どのように進めていったらいいかということについて専門家として積極的、丁寧に相談に応じることを行いました。

この種の技術支援というのは、科学的な判断だけで対処できるものではありません。つまり非常に限られた情報の中で、現場がこの助言がどう使われるかも十分理解しながら、重い助言をする必要があります。そういうことができる、つまり技術と現場の経験を積んだ、両方併せ持った人間が国総研にいて、こういう中で果たすべき貢献をしっかりとやる、こういうことでございます。

—スライド：活動紹介～防災・減災2〔技術指導・相談〕：土砂災害への被災直後の専門家派遣—

技術指導・相談につきましては、今年度も6月の横須賀、7月の南木曾、岩国が8月、それから御嶽9月、広島8月、昨年10月には伊豆大島がありました。今年度だけでのべ92人の専門家が被災直後に現場に駆けつけて、このような重い責任を持った助言をするということをやったわけでございます。

ただ、こういったものの裏には、日頃からの土砂関係の専門家としての国総研での研究開発、そういうものが1つの基礎体力となっていていざというときに現場を見ながら的確に助言をするということにつながっているということも申し添えたいと思います。

—スライド：現場技術指導の経験を通じた人材育成—

それから、こういった人材を国総研、あるいはつくばの研究機関だけではなくて、やはり各地整も含めて現場に広げる必要があります。そ

活動紹介-防災・減災2:土砂災害現場への緊急技術支援

平成26年8月広島豪雨土砂災害



◎即座に現地入り

- 8/20(水)朝、現場派遣を決定
- 一砂防研究室 蒲原室長、土砂災害研究室 松下主研が、同日午後広島駅に到着。
- 中国地方整備局と合流。
- 安佐南区八木地区へ直行、現地調査開始
- 調査後、現場近くでマスコミへの説明



◎救助活動を支援

- 溪流調査を実施
- 自衛隊、警察、消防による被災地への立ち入りが可能かの判断に技術的助言
- 住民、自治体、地方整備局の相談に、土砂災害の専門家として積極的に取り組む

11

活動紹介-防災・減災2〔技術指導・相談〕

土砂災害等現場への被災直後の専門家派遣 (平成25年度～:主なもの)

今年度のべ92人・日 (11月26日時点)



広島土砂災害、御嶽山噴火災害、横須賀市、伊豆大島土砂災害、山口県岩国市、長野県南木曾町

12

活動紹介-防災・減災2〔技術移転〕

◎現場技術指導の経験等を通じた人材育成 →システムとしての定着

- 地方整備局職員を国総研に9ヶ月間併任。
- 冒頭と終盤の1週間ずつ土砂災害研究部に在籍。→基礎技術と応用技術を習得するための講義を受講。
- それ以外の期間は各自の地整に勤務。
- 災害が発生した際に、現場調査に参画→現場技術指導訓練

[H26.4.1~H26.12.31:7名]
北海道開発局、関東地整、中部地整、近畿地整、中国地整、四国地整、九州地整



13

うということにも私どもは取り組んでいます。その取り組みをシステムとして定着させるというのが1つ大きなポイントになります。地整の職員の皆さんを9ヶ月併任とし、最初と最後は座学、そしてその間は地整に戻っていただきますけれども、今年のように災害があったら現場の国総研の職員が技術支援をするときにその現場と一緒に来ていただいて、それを間近に見ていただいて実地でどういう判断をどういう根拠でやるのかという、まさに技術支援の実地訓練をするということをこういう地整の方々に今年度だけでも7名行うということで、こういう人材育成ということをリンクさせながら活動しているというのがわれわれの取り組みでございます。

—スライド：活動紹介～維持管理1：道路橋—

次のテーマは「維持管理」でございます。道路橋に話を絞ります。これは皆さんご案内だと思います。2年前の昨日ですね、やはり非常に痛ましい事故がありました。実は国交省としては前からやはり老朽化・維持管理の課題を認識していて、こういう活動を始めていたわけですが、この事故からの取り組みの強化は、ある意味では東日本大震災と同様に維持管理の1つの転機をなすというように後世語られるように思います。

活動紹介-維持管理1:道路橋

平成24年8月29日 社会資本整備審議会・交通政策審議会：「第1回社会資本メンテナンス戦略小委員会」開催

平成24年12月2日 中央自動車道（上り）笹子トンネル天井板落下事故

平成25年12月25日 社会資本整備審議会・交通政策審議会「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について」答申

平成26年4月14日 社会資本整備審議会 道路分科会「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」建議

平成26年5月21日 社会資本の老朽化対策会議「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」決定

平成26年7月施行 道路法施行規則（H26.3公布）
（道路の維持又は修繕に関する技術的基準等）
点検は、近接目視により、五年に一回の頻度で行うことを基本とすること

14

こういうような政策の新しい打ち出しが次々とあって、特にここですね。もう待たなしであると、最後の警告であるという非常に厳しい建議をいただいたわけでありまして。それを受けまして、先ほどの所長の挨拶にもありましたように、道路法施行規則の中で3月公布、7月施行ということで、点検は近接目視で5年に1回の頻度で行うことを基本とする。さらには健全度の診断についても4段階でしっかり体系的にやっけていこうと、こういうことが打ち出されました。

—スライド：活動紹介～維持管理1〔研究、技術基準〕—

それを実行するのにやり方が必要です。そこで研究、技術基準の出番になります。この6月に発出されました「道路橋定期点検要領」というのは、その原案を国総研・道路構造物研究部が中心になって作りました。特に大事なものは、全体の中身はもちろんですが、具体的な留意点だとか、それから弱点・変状をどういう着眼点で見るとか、それから付録の中で事例の写真とか、つまり現場の人が本当にその点検がちゃんと動くようなそういう視点で、技術的な情

活動紹介-維持管理1〔研究、技術基準〕

中部部 折損部

全国の橋梁の点検データを収集分析
→ 損傷や劣化特性を解明
→ 維持管理に関する技術基準作成につなげる

道路橋定期点検要領の原案作成

- 具体の考え方や留意点の補足
- 「一般的構造と主な着眼点」、「判定の手引き」を付録添付

道路橋定期点検要領
平成26年6月
国土交通省 道路局

定期点検要領を6月25日、全道路管理者に通知

15

報を付加したというところが特に大きなポイントであったと思います。こういう原案を作成いたしまして、6月25日には全道路管理者に通知をしたわけです。

これも日頃からの研究部での例えば老朽化がどういうところで進んでいるとか、それが単なる計算ではなくて実際の橋でどうなっているか、そういうものをいろいろ分析しながら老朽化の度合い、どこが弱そうか、あるいはいろいろな判断事例なんかを積み重ねたその基礎体力がいざというときにこういう原案の作成にすぐに結びつくというようなことかと思えます。

—スライド：活動紹介～維持管理1〔技術指導・相談〕—

技術指導・相談については大変精力的に行っていて、橋についてだけでも不具合発生時の技術相談を、この4年で420件ですから、平均すると年100件以上やっております。それから地方公共団体の直接の診断の支援もしています。それから、こういった膨大な量の技術支援の内容を共有化してナレッジとして普及させるというのはとても大事です。相談案件の技術ポイントの共有を担当者会議などで図る。あるいは土木技術資料、皆さんよくご存知かと思いますが、その中ですでに「現場に学ぶメンテナンス」

活動紹介～維持管理1〔技術指導・相談〕

【不具合発生時の支援】

- 不具合発生時等の技術相談（設計、施工、維持管理）
- 地方公共団体の老朽橋梁の自給診断支援



老朽化橋梁点検に関する技術指導

平成22～25年度
420件

【技術情報の発信・共有】

- 相談案件の技術ポイントの共有
 - 橋梁担当者会議
 - 土木技術資料「現場に学ぶメンテナンス」
- 技術資料の作成・公開
(国研研資料、道路協会出版物)

現場の問題解決を的確に支援する体制

シリーズが平成21年以降18本出され、メンテナンスの具体の事例を非常に丁寧に説明しています。こういうようなことで、技術指導・相談ということをこの分野で精力的に行っています。

—スライド：活動紹介～維持管理1〔技術移転〕—

それから技術移転ということにつきましては、こういう研修の講師や講演をしっかりと行っています。これに加えて、先ほどの砂防の土砂災害と同じように人材育成システムにも取り組んでいます。これは橋梁分野の特徴にあったやり方を考えていて、やはり各地整の職員を、こちらは3か月併任として3か月の中でみっちり技術の向上を行う方式にしています。「大変有意義だった」という声をいただいて、今年度だけでも5地整から、昨年度からでありますと11地整から来ていただいて、新たに人が育っているというそういう状況になっています。

活動紹介～維持管理1〔技術移転〕



現地調査・技術相談へ同行



業務試験による軌道風景の理解

○研修講師

- ・ 国土交通大学校 専門課程 道路構造物研修
- ・ 地方整備局 橋梁保全技術研修
- ・ (一財) 全国建設研修センター「橋梁維持補修」等
- ・ 全国共通講義資料・テキスト作成

○講演

- ・ 道路ストック拠点検技術講習会 等

○人材育成システム

- ・ 各地方整備局の道路構造物管理を担う職員を3か月間、国研へ併任
- ・ 不具合事例への対応や、実橋調査・載荷試験等を通じて技術力向上

本年度は：5～7月北陸、8～10月関東、中部、中国、11月～1月近畿、九州

→現場の技術力を向上
→現場にあったプロフェッショナルを育成

—スライド：活動紹介～維持管理1〔コーディネーター〕—

コーディネーターです。維持管理につきましては、計測・非破壊検査技術の適用性に関する共同研究、これが代表例だと思います。国総研は全体のコーディネートをしています。土木研究所は認証試験、民の方から提案されたものがどういようにいいのかということをしかり認証する方法をやはり専門機関して見ていただく。産学からは具体的方法についてどんどご提案いただく。われわれはそれを点検要領にちゃんと確実な形で組み込まれるようにいろいろなコーディネートをしていく。コーディネートの大事さと要点を説明する代表事例と言えらと思います。

活動紹介-維持管理1〔コーディネーター〕

○計測・非破壊検査技術の適用性に関する共同研究

【国総研の役割】

- ・全体のコーディネート（試験フィールドの提供）
- ・点検要領改定原案の策定

【産学の参加メリット】

- ・実際の構架での計測結果が技術開発に活かせる。
- ・計測精度を証明できる。

【土木研究所の役割】

- ・認証試験法を確立

18

—スライド：活動紹介～維持管理2：港湾空港施設〔技術移転〕—

道路橋の話をしたしましたが、港湾・空港、その他インフラ、同じように精力的な取り組みがなされています。例えば港湾・空港分野につきましては、これは技術移転についてのトピックスですけれども、港湾・空港の研究部のナレッジを現場にちゃんと伝えて、やはり人を育てていくということを精力的に行っています。今年度は39コースの研修を予定して、相当数の人材の育成がこれでまた図られていきます。現場の技術力を向上していこうという取り組みがなされているところでございます。

活動紹介-維持管理2:港湾・空港施設〔技術移転〕

○維持管理に係る研修

- ・港湾・空港施設の維持管理を担当する管理者等の職員を対象
- ・維持管理制度、施設マネジメント及び港湾施設の維持管理に関する実務的事項（点検診断、維持補修工事、維持管理計画等）について研修を実施
- ・実施場所：横須賀第二庁舎

平成26年度 横須賀第二庁舎で実施する研修 39コース（予定）
※維持管理以外を含む

→現場の技術力を向上

19

—スライド：既存ストックの賢い利用：ITSセカンドステージへの展開—

既存ストックの賢い利用については、何と言ってもITSが極めて重要なトピックスになります。もう皆さんご案内のように、渋滞はまだまだ大きな問題です。280万人分の労働力に匹敵。道路整備によって改善は進んでまいりましたが、やはり諸外国と比べていろいろなハンディがあります。まだまだ問題は完全には解決

活動紹介-既存ストックの賢い利用:ITSセカンドステージへの展開

- 総渋滞損失は、年間約50億人・時間（約280万人分の労働力に匹敵）
- 道路整備の進捗は問題改善に大きく寄与。その一方、高速道路の車線数が諸外国に比べ少ない（地形・コストの制約から）など、ハンディが存在。
- 2020年東京オリンピック・パラリンピックを控え、首都圏3環状道路ネットワークの約80%が完成予定（～2015年）

整備された道路ネットワークの効果を最大限発揮させるべく、「賢い利用」を大きく進化させる重要な契機

→ITSによるソフト的対策の新たな展開

20

されていない。

一方で、例えば首都圏については、東京オリンピックを控えて3環状がようやく完成に近づいてきた。これは、いろいろなネットワーク機能がいよいよ本格的に整備されることを意味します。われわれの問題意識は決して首都圏だけをターゲットにというわけではないのですけれども、こうやって社会インフラの中でも道路ネットワークがいよいよもって充実した中で、使い方次第でもっとその効果を発揮できる、そういうベースの環境が整ったということです。それをITSの技術を使って、しっかり進めていこうというのが目下の大きなターゲットになっています。

—スライド：活動紹介～既存ストックの賢い利用〔研究、技術基準〕—

ETC2.0というのがそのキーワードになりまして、これはこのあと道路交通研究部長から詳細がありますので、中身には触れませんが、とにかくいま道路自身もデータを取る、それから個々の車がデータを取る。それを転送する技術も高度に進んでいる。それから情報をリアルタイムに使う技術も進んでいる。携帯も含めていろいろな端末もできた。ネットワーク機能を供給できるレベルまで道路のハードが揃ってきつつある今、そういう新たな道具を道路の使い方うまく投入することで、道路の効果が実質的に大幅に高まるという状況が整ってきた。こうしたこと、それからその概念を具体化する方法、これらのところで国総研がしっかり役割を果たしていこう、そういう位置づけになります。

活動紹介～既存ストックの賢い利用〔研究、技術基準〕

料金収受や渋滞回避、安全運転支援等の情報提供サービスに加え、ITSスポットを通して集約される経路情報を活用した新たなサービスを提供

“ETC2.0” 社会資本整備審議会道路分科会第13回国土整備道路部会(平成28年9月19日)資料 改訂

経路情報サービス (ETC2.0サービスとして) 経路情報サービスとして提供

- 経路回避支援: 最新の交通情報がリアルタイムに配信。前方の渋滞状況を事前に知らせ、前方の渋滞状況を事前に知らせ。
- 安全運転支援: 前方の渋滞発生情報、前方の停止車など危険予測に関する情報を提供。

経路情報を活用したサービス (導入予定)

- 経路情報を活用することにより、
 - ・渋滞を迂回する経路を先行したドライバーを優先する措置
 - ・特定の経路確保と許可の弾力化
 - ・緊急時の運行管理支援
- などのサービスを今後展開する予定

広がる展開サービス

今後も様々な新たなサービス追加を検討

- ・車庫の出入管理
- ・道路駐車券決済
- ・ドライバーズルール
- ・観光等の情報提供

ETC (料金収受システム) から ETC2.0への展開

それを発展的に実現する技術開発の推進

—スライド：活動紹介～既存ストックの賢い利用〔技術基準〕〔コーディネート〕—

何と言ってもITS関係は、ハードの土木技術はもちろんのこと、情報、通信、電機、それから高速道路も含めた道路の管理といった幅広い技術分野が必要になりますので、このITSをETC2.0という形で進化させるためには、まさにコーディネートというのが非常に重要な役割になります。

ここにありますようにさまざまな共同研究が展開されていて、そこでは自動車会社だとか、電気通信メーカーであるとか、高速道路会社であるとか、建設コンサルタントなど関係する非常に幅広い分野の方々が参画し、それぞれが良い形

活動紹介～既存ストックの賢い利用〔技術基準〕〔コーディネート〕

ITSスポット共通基盤を活用した産学官連携サービスに関する共同研究

- ・民間7社との共同研究
- ・産学官がITSスポットを共通基盤とし、アップリンク情報を連携して活用するための技術開発、制度設計及びサービス導入効果の検証、技術基準等の作成、国際標準化の検討を実施

高速道路サグ部等交通円滑化研究会

- ・民間(5社)、東京大学、国土交通省による産学官連携研究会
- ・高速道路のサグ部(道路の勾配が上り坂へと次第に変化する区間)における渋滞緩和に資する「高速道路サグ部等交通円滑化システム」を開発
- ・産学官連携功労者表彰における「国土交通大臣賞」を受賞

次世代の協調ITS開発に関する共同研究

- ・民間14社(高速道路会社含む)との共同研究
- ・車両、インフラ、センター(携帯電話網)が協調し、連携、補完することで、様々なITSサービスアプリケーションを実現する「協調ITS」の研究開発

日米欧共同研究

- ・米国土交通省・革新技術庁、欧州委員会通信ネットワーク・コンテンツ・技術総局とITSに関する共同研究を実施
- ・プローブデータに関する共同研究成果報告書を作成

ETC2.0サービス実配備のための仕様策定

- ・地整、高速道路会社が配備する機器の共通仕様を策定

で目標達成に向け貢献できるように国総研がコーディネートをして、取りまとめ役をしっかりとやっていこうという体制にあります。

それからこの分野は日、米、欧がしのぎを削っています。韓国、中国も含めてかもしれません。その中で協調するべきときは協調し、それからやはり日本の技術のプレゼンスを高めていく、そういう戦略も含めて、こういう国際的な共同研究にも精力的に取り組んでいます。これも大きな意味でコーディネーターだと思います。

—スライド：活動紹介～仕事の進め方のイノベーション [研究、技術基準]：品確法、官民連携—

さて、次は仕事の進め方のイノベーションであります。所長から話がありましたように、建設工事あるいは社会インフラ整備を取り巻く環境は日々変わっています。そういった中で、新たな時代に合った、時代を先取りした、より効率的な仕事の仕方を作り出すという意味で、この分野は非常に重要であります。

例えば品確法が改正になりました。ダンプの問題であるとか、若年の入職者が建設業に少ない、それから発注者のマンパワー不足、い

ろいろな課題があって、そういった中でもきっちり問題が根本的に解決できるようなフレームを作ろうということでこの改正がなされております。一例を挙げますと、技術提案の審査と価格等の交渉による、つまり技術提案を重視して業者を決める方式が打ち出されています。これを具体的にどのような制度設計をしたらいいのか、こういう大事なテーマに国総研は今取り組んでいます。

それからこの事業促進PPP。これも後ほど説明がまたございますけれども、まさに被災地において224kmに及ぶ復興支援道路を作る、これは通常の実業ベースで考えれば大変な量の工事である。したがって事業を大幅に短くすることが求められる。何より地域としては早く作って欲しい。そうすると、今までのやり方では対応できない。実はそういう難しい局面でこそ新しい知恵が出てきます。東北地整の皆さんが先陣を切ってその努力をされ、そこで国総研がしっかりとフォローアップをしてこのやり方をもっとシステム化して全国の必要なところに波及できるように、そんな取り組みをしています。官の役割をしっかりと果たしつつ、しかし民の力をうまく組み込んで、地域の期待に応える新しいやり方、これがまさに仕事イノベーションの代表例ということでございます。

△

活動紹介～仕事の進め方のイノベーション [研究、技術基準]

○品確法*の改正に伴う新たな制度設計
技術提案の審査及び価格等の交渉による方式（法18条）の制度設計など
***公共工事の品質確保の促進に関する法律**

○官民連携による新しい仕事の進め方の研究
「復興道路」、「復興支援道路」の整備における事業促進PPPの導入

- ・被災地からの早期整備の強い要望
- ・224kmに及ぶ新規事業区間
- ・特に**工事着手までの膨大な業務を効率的に実施し、事業期間を短縮できる仕組みが必要**
- ・民間の優れた技術力を“川上”で活用する方策→業務進捗管理、地元説明等を**事務所チームが民間技術者チームと連携して実施**
→効果検証、制度改善の検討

22

—スライド：活動紹介～仕事の進め方のイノベーション〔研究、技術基準〕：建設システム—

それから積算の体系、設計成果の品質確保、監督・検査、これもいろいろな課題があります。こういう問題についても、現場でいま何が問題になっているかということをしっかり捉えながら、「なるほど、こういう問題があるのだから、こういう新しい制度にしたらどうか」ということを国総研の研究室で精力的に提案をし、原案を作って本省と相談しながら現場に展開していく、現場に使っていただく、こういうような仕事をいま精力的にやっているところでございます。

活動紹介～仕事の進め方のイノベーション〔研究、技術基準〕

○その他の基準の改定の検討

- ・ガイドライン改定、通達発出へ

<p>積算大系</p> <p>公共土木工事の契約条件や価格算定条件の明確化、積算業務の効率化・合理化を図るため、統一性・一貫性がある積算大系を構築</p>	<p>設計成果の品質確保</p> <p>設計照査制度の適切な品質管理プロセスの確立</p>
<p>施工パッケージ型積算方式</p> <p>施工パッケージ単価を用いた工事積算の合理化。</p>	<p>監督・検査、工事成績評定</p> <p>品質確保の重点化、効率化に対応した監督・検査手法。工事成績評定の標準化に向けた実態分析・把握</p>

—スライド：活動紹介～仕事の進め方のイノベーション〔技術指導・相談〕〔技術移転〕—

このような性格の話ですから、現場から相談の事案が非常に多く、ここにありますように大変な数になっています。こういう相談に積極的に対応する、そのこと自体がこの分野の性質上非常に重要だと認識しているところでございます。

活動紹介～仕事の進め方のイノベーション〔技術指導・相談〕〔技術移転〕

○技術相談

- ・事業促進PPPなど、新たな仕組みを現場に導入していく際の助言
- ・積算システム、総合評価運用等に関する地整からの相談対応
- ・本省の政策展開への助言

建設システム課への技術相談は、年間395件以上（H25年度）

○研修講師

- ・国土交通大学校 専門課程 建設生産システム
「総合評価方式の現状と課題」
「積算に関する最近の動向」等

—スライド：活動紹介～持続可能性確保〔研究、技術基準〕：住宅・建築物の省エネ基準—

さて、トピックスとしては最後になりますが、地球温暖化への対応、別の言い方でここには持続可能性確保と書いてありますが、国土の利用の中でCO₂をどう削減していくか、通常国土利用にCO₂削減をビルドインできるかどうかというのは、温暖化対策の全体方針の打ち出しはそれとして、実務上重要です。それをどう具体的に進めていくかという点において、国総研は重要な役割を担っています。

住宅・建築分野でのエネルギー消費は3割を占めるということで、ここをいかに減らすかというのは大事なターゲットの1つとなります。これに関連して、省エネ基準が平成25年度に改正されました。これは非常に重要なエポックです。色々な種類の1次エネルギー、たとえば電気をどれぐらい使ったとか、ガスをどれぐらい使ったとか、

活動紹介～持続可能性確保〔研究、技術基準〕

※我が国のエネルギー消費の3割は住宅・建築物

○住宅・建築物の省エネ基準【平成25年改正】

- ・住宅と非住宅建築物の基準を一歩化
- ・一次エネルギー消費量を指標とすることにより、断熱性能に加え、設備性能を評価

解説書

平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 II 住宅

設計一次エネ計算プログラム

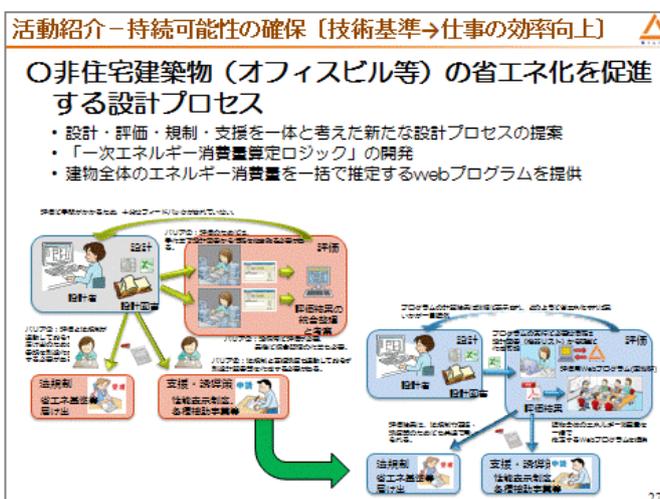
省エネ基準等の技術情報集 掲載したホームページ

省エネ性能を算定する手法を提示
誰でも計算できるよう計算ソフト化

そういう整理法であるとエネルギー消費の全体像が非常に見えにくい。そのような消費エネルギーの把握法を改善して、最終的に大元の石油をどれくらい使ったのか、あるいは水力をどれくらい使ったのかなどから、共通の単位でエネルギー消費量を把握するようにする。これが改正のポイントの1つ。それから建物について、壁が熱をどれだけ通しやすいかという話と、冷房するとかの設備の稼働によるエネルギー消費量、それらがゴチャゴチャになるとやはり非常に面倒なので、その建物でトータルどれくらいエネルギーを使うことになるかを一括して評価することになりました。そして、それを簡便に計算するソフトを作って、いろいろな人が簡単に新しい基準にうまく対応できるような、そういうツールを国総研で開発しました。

—スライド：活動紹介～持続可能性確保〔技術基準→仕事の効率向上〕：住宅・建築物の省エネ—

より重要なのは、1次エネルギー消費量を計算することが目的ではなくて、それによってより良い状況を作っていくことが大事ということです。ところが現状ですと、建物を設計する人は、その設計図面をいちいちピックアップしながら、どれだけのエネルギー消費があるか改めて計算する。それとは別に、色々な申請作業をしなければいけないというように、全体の作業がばらばらで非効率になってしまいます。それを、ウェブ・プログラムで一括して効率よく作業できる新しいシステムを国総研で作りました。

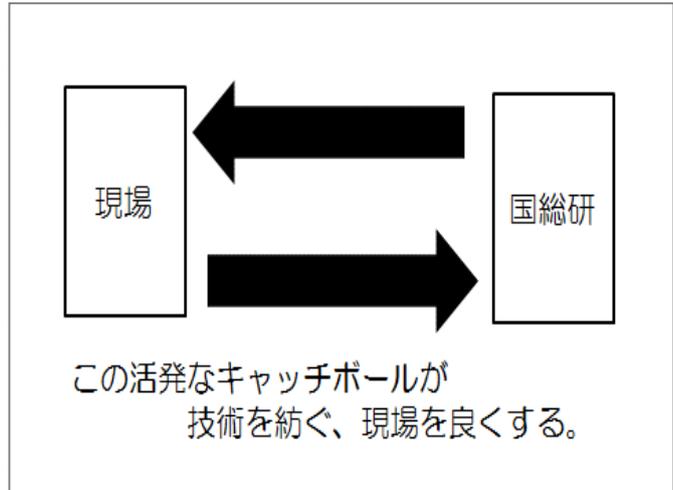


これによりまして、設計する人がその設計図面を機械的にソフトに入れますと、どれだけの消費になるかということも計算できますし、そこから派生的に申請のための必要な情報も出てくる、あるいは支援誘導策、補助金をもらうための必要な要件等々の分析もされるというように、非常に仕事が効率化する。これで民間の方がより省エネのほうに向く環境を作る。こういうツール作り、ベースのところについても国総研で提案をさせていただいています。以上に紹介した取り組みは、研究、技術基準作り、その普及のための仕事の効率化が一連の流れで進んだ代表事例と言えます。

—スライド：現場と国総研のキャッチボール—

具体例を紹介しながら、4ないし5つの研究の柱と活動の4つのやり方、それらを組み合わせながら活動を展開していくこと、いわば国総研の活動のバックボーンを説明してきました。この内容が、このあとの各研究部・センター長からの講演内容の背景理解に役立てばと思います。

最後に私は、こういう点を強調しておきたい
と思います。国総研は研究所でありますけれど
も、先ほど少しユニークな、特徴的な研究所で
すと言いました。つまり別の言い方をしますと、
私がいま説明した内容が物語っていると思いま
すけれども、ある研究をして高度な技術を作っ
て、それを「はい、できました」と言って渡す
だけではない。むしろそれを現場の方に使って
いただいて、問題を返していただく。あるいは、
そういうことでなくて現場自身がいろいろな問



題があると、それを私たちにご相談いただく。そうすると、いま現場で何が問題なのか、あるいは
新しく何か変調をきたしているのか、それを先取りして把握することができる。

こういうキャッチボールが進んでいくと、先ほど津波の海岸堤防の話でも少しいたしましたが、
一緒に共同で考えることで新しい問題解決の技術的な手段・手法を作ることができる。こういうキ
ャッチボールが進むと、全体として国土の状況をよくするための技術が継続的に進んでいく。そう
いう視点で私たちは現場とのいろいろなチャンネルを通してのキャッチボールを行っていく。この
ことが非常に重要だというように考えています。

この現場というのは何も事業の現場だけではなくて、調査をする現場でもあるかもしれませんし、
物を作る現場、あるいはいろいろな手法を現場に適用して難しいことに悩む現場、いろいろな現場
があります。ですけれども大事なことは、実際に手段を適用してみて、どうもうまいかないと、
そういったことが真剣味を持って評価されている、そういう現場の中で、その問題点をわれわれも
汲み取ってさらに次のステップにつなげる。そういう意味の現場とのキャッチボールをこれからも
チャンネルをより充実させながら、好循環をとおして技術が体系的につながっていくようなそんな
世界をぜひ皆さまとともに作ってまいりたい。そういう意味で、こういうキャッチボールが技術を
紡ぐ、そして現場をよくするという言葉を最後にここに書きました。

以上でございます。どうもご清聴ありがとうございました。

3.2 【特別セッション（防災）】すぐに役立つ土砂災害対策 （土砂災害研究部長 渡 正昭）

皆さん、こんにちは。土砂災害研究部長の渡と申します。本日は特別セッションということでお時間30分ほど頂戴いたしまして、「すぐに役立つ土砂災害対策」と題しましてお話をさせていただきます。

タイトルにも書いてあります。土砂災害研究部という新しい組織が今年度4月1日より発足をいたしました。この部では昔からあります砂防研究室と、新たに土砂災害研究室という室を構えまして、1部2室で運営をしております。土砂災害研究部の活動を中心にしてお話をしてみたいと思いますので、よろしく願いをいたします。

—スライド（目次）—

さて、本日の話のコンテンツですけれども、大きく3つから説明させていただきます。まず1つ目は土砂災害の実態。いまどうなっているのかということ。それから2つ目、土砂災害の話題が特に最近多くニュース等でも取り上げられます。なぜ土砂災害がこうやって激甚化しているのかといったことの一部。そして3つ目、それに対してどういう取り組みをしているのか。特に私ども国総研としての取り組みを中心にご紹介をしたいと、このように思っております。

—スライド（1. 土砂災害の実態）—

まず1つ目の土砂災害の実態のところからあります。



写真-5 土砂災害研究部長 渡 正昭

すぐに役立つ土砂災害対策

土砂災害研究部
渡 正昭

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1. 土砂災害の実態
2. 激甚化する理由
3. 減災の取り組み

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

1. 土砂災害の実態

—スライド（平成 26 年 全国の土砂災害発生状況）—

こちらのほうちょっと細かくて見づらいかもわかりません。平成 26 年、本年 1 月以降発生をいたしました土砂災害について、10 月末段階での数字を取りまとめています。左上のところ、ちょっと細かいのですが全国で 1,043 件の土砂災害が発生をして、82 名の方がお亡くなりになっています。それから負傷された方も 54 名ということです。

最新のデータ、11 月末段階のデータを確認してまいりましたら、さらにこれから数が増えておりまして、土砂災害につきましては 1,116 件という速報値だそうであります。

真ん中の所に日本地図が書いてあります。赤い色が濃い所ほどたくさんの土砂災害が発生した所。ほとんどの所で色が塗られていますから、多かれ少なかれ何らかの土砂災害が各都道府県で発生をしているということがお分かりいただけると思います。そして真ん中の上の所に広島土石流災害、あるいはその右側長野県の災害、これ後ほど紹介いたします。それ以外にも右下のほう、緑で少し書いていますが崖崩れというのが 3 つぐらいあります。神奈川であったり、山口であったり、そういった所で崖崩れが発生していますが、こういう災害によっても死者 1 名と書いてありますけれども、ちょっとしたことで人の命で失われやすい。こういうのが土砂災害の特徴であるということが言えると思います。



—スライド（平成 26 年 長野県南木曾町（梨子沢）土砂災害の概要）—

さて、今年の 7 月に発生をいたしました長野県南木曾町で発生した土石流災害についてご紹介をしたいと思います。場所は木曾谷の南の方になりますけれども、南木曾町、ちょうど木曾川に面した所であります。

この向かって左側の沢を土石流が流下をして、ちょうどここが曲がっていますけれども、土石流が真っ直ぐここで溢れて、ちょうどこの川の袂（たもと）にあった家が被災をして、小学生のお子さんが 1 人お亡くなりになっておられます。

そして右側のほうをご覧くださいますとお分かりのように、この川の上流のほうには実は砂防堰堤が 3 基施工をされていました。古くから土石流災害を繰り返された所ということで、ここは国が直轄で中部地方整備局が砂防工事をしていた所でもありますけれども、今回その砂防堰堤によって 1 部土石流が食い止められましたけれども、全部食い止めることができなくて流下した土石流が氾濫



して災害が起こったといったところであります。

人の命もさることながら、この下手のほうには国道の19号線、それからJRが走っておりまして、これらが土石流災害によって通行止めになるなどの被害も生じた所であります。

—スライド(平成26年7月9日長野県南木曾町で発生した土石流)—

人の亡くなった数が1名ということですので、それほど目茶苦茶大きな災害ではないのですが、なぜ紹介しようかと思ったかと言いますと、ご覧になった方もいらっしゃるかも知れません。今年土石流の映像として撮れたものの代表的なもの1つということで、ここでご紹介をさせていただければということで、映像をいまからお流ししたいと思いますのでご覧ください。短いものですから、ちょっと見ていただくと。



もう少しすると右上のほうから土石流が左下に向かって流れてまいります。テレビ等でも報道されたので、ご覧になった方もいらっしゃるかと思います。カンのいい方はこれを見られてお気づきになると思うのですが、実はこの土石流の映像、よく見ていただくと流木、大量の流れ木、流木と一緒に上流のほうで破損した堰堤の部材が一部流れてきています。もう一度やりますので、ちょっと見ておいてください。明らかに木とはちょっと違う、鉄管のような物が流れ下っているのがお分かりいただけたらと思います。これですね。パイプのような物が流れてきたりしています。実は上流側で施工した堰堤の一部が破損をして、それが流出したということで私どもにとっては非常にショッキングなことでもありましたけれども、こういった堰堤を壊れにくくするにはどうしたらいいか。この災害を受けて検討を進めていますけれども、そういった検討の場にも私どもは参加をしております。

ちなみに、この災害で崩れて流れた土砂の量は約50,000m³。昨年10月に伊豆大島で発生した土石流、あれが170,000m³ぐらいですから、1つの溪流で起こった災害にしては結構な量であったかなというように思います。

—スライド(平成26年8月豪雨による広島県広島市の土砂災害)—

さて、もう1つの災害。言うまでもありません、先ほど研究総務官からもご紹介がありました広島の土石流災害です。本年8月の20日に発生をいたしまして、お亡くなりになった方が74名という大きな災害になりました。



土石流が発生した箇所。この写真に写っている「土石流」と書いてある所もちろんそうだけれども、それ以外の所でも至る所で発生をしています。もちろん、よく報道はされていますように花崗岩の真砂（まさ）と呼ばれる崩れやすい所、それプラス堆積岩系の崩れやすい土砂の所であるという、地質的な問題もさることながら、短時間で非常に強い雨が降ったということも見逃せないと思います。

—スライド（災害発生前後の降雨状況）—

これが当日の雨の様相であります。これは前日の18時からでありますけれども、21時、そして22時、ちょうど四角で囲んである所が災害が起こった所だと思っただけだと思います。そして23時、いったん小康状態になるかと思ったら、その後ですけれども1時、2時、3時、4時にかけて、もっぱらたったの2時間～3時間ぐらいの間に強い雨期がその地域を通過

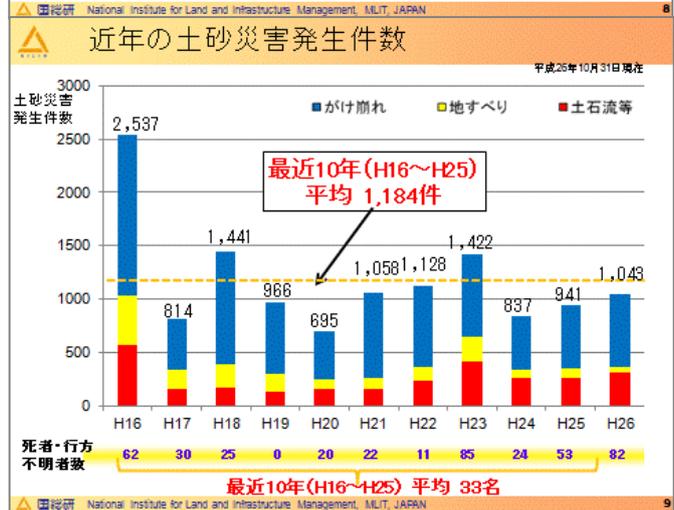
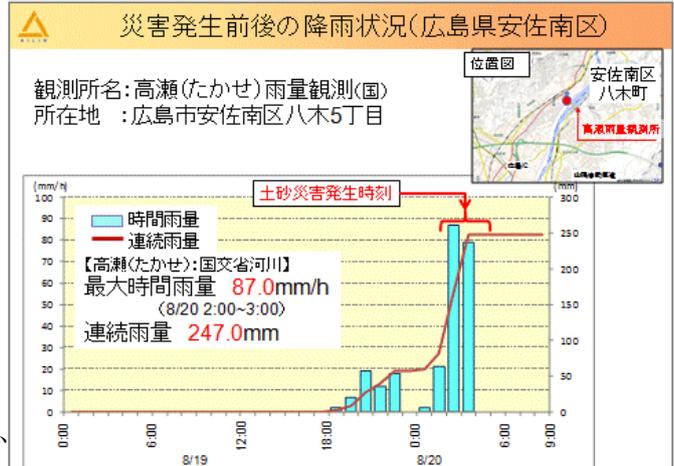
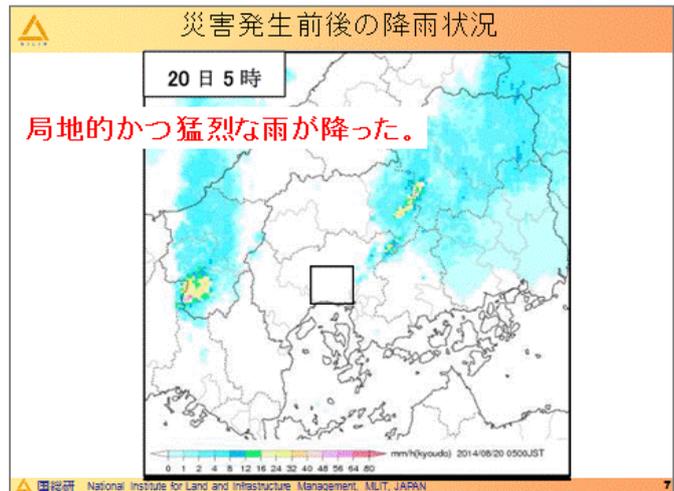
しているということがお分かりいただけると思います。

—スライド（災害発生前後の降雨状況（広島県安佐南区））—

そのときの雨の様相を一番近い観測所の、これは国交省の観測所ですけれども、時間雨量のグラフで示したのがこちらになります。ちょうど土石流災害発生時刻と書いてありますけれども、そちらのほう、ちょうど未明の2時～3時、そして右側が3時～4時、この2時～4時のたった2時間ぐらいの間に非常に猛烈な雨が降っていたということがお分かりいただけるのではないのでしょうか。

—スライド（近年の土石流災害発生件数）—

さて、近年の土石流災害の発生の状況をグラフにして取りまとめました。ちょっとテキストのほうが間違っているのを修正していますので、こちらの方をご覧ください。一番右側が本年、そして過去10か年を左側のほうに並べています。平成16年～25年。年によってバラツキがありま



すけれども、平均いたしますと過去 10 か年、平成 16 年～25 年で年間 1,180 件あまりの土砂災害が発生して、それによって平均すると年間 33 名ぐらいの方がお亡くなりになっているというのが実情です。

先ほど申しましたように、平成 26 年はすでに 1,100 件を上回っております。死者、行方不明者の数も 82 名ということで、件数的には平年並みでありますけれども、人命が失われた数が非常に多いという年になりました。

—スライド（2. 激甚化する理由）—

さて、こういった土砂災害はいったいどうやって最近増えて来ているのかな、あるいは激甚な被害につながっているのかなということで、いくつかのポイントを紹介したいと思います。

—スライド（増大する豪雨と土砂災害）—

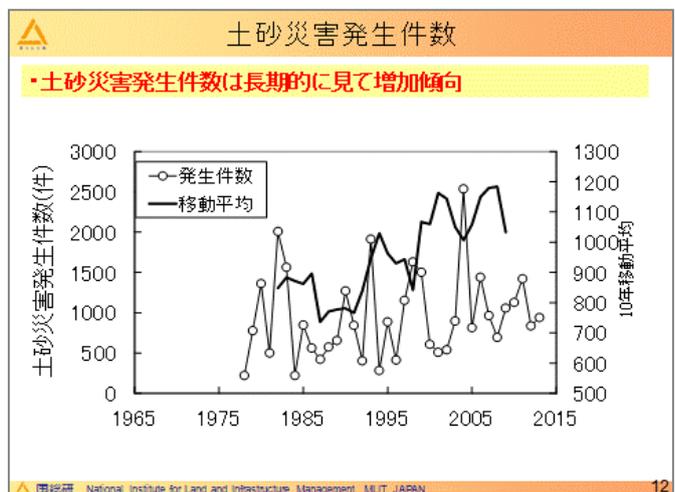
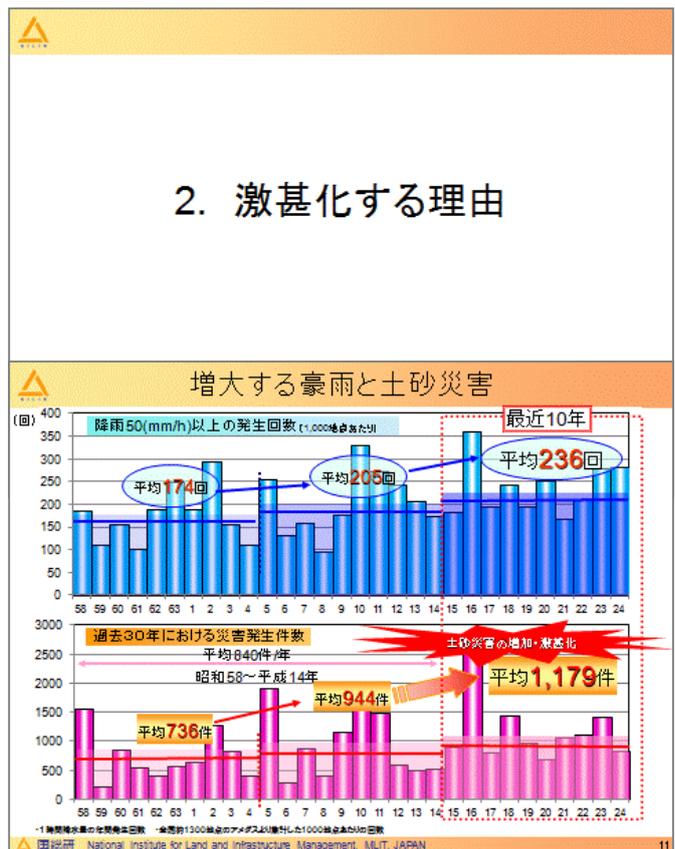
1 つ目、これはもう私どもの関係の仕事をやっている方はよくご存知かもしれません。豪雨が地球温暖化であると考えられていますけれども、その影響によって非常に豪雨の頻度が増えているというのは上のほうのグラフです。これは全国のアメダスの観測所 1,300 ありますけれども、そのうちの 1,000 か所あたりの数でカウントしていますけれども、1 時間あたり 50mm/h を超えるような豪雨がどのぐらいの回数発生しているかというのを年ごとに落としたものです。

10 か年ごとの区切りを入れてはいますが、昭和 58 年～平成の始めまでは年間 174 回ぐらいであったものが、近年では年間平均しまして 236 回と確実に短時間の強い雨が増えていると。

下のほうのピンクのグラフ、こちらのほうは土砂災害の発生件数を表しています。こちらにつきましても 10 か年ごとの平均値で見ますと、最近先ほど言いました 24 年前ですけれども 1,180 件ぐらい。かつては年間 700 件ぐらいであったものが増えて来ていると。こういう状況にあって、明らかに雨の影響というのは無視できないということでありませう。

—スライド（土砂災害発生件数）—

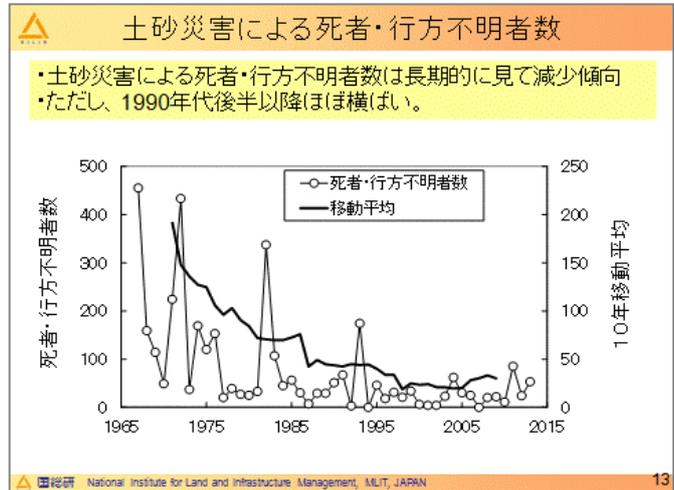
発生件数のみをもうちょっと長い期間で見た



のがこちらのグラフになります。1975年以降のデータですが、もちろん年によってデコボコがあるので、これを均して移動平均を取りますと太い線ですけれども右肩上がりになっているのが分かりますと思います。

—スライド(土砂災害による死者・行方不明者)—

一方、土砂災害による死者・行方不明者の数は、着実に減ってきてはおります。1960年代以降、非常に多かった状況から先ほど言いましたように数十人オーダーまで最近では減ってきていますけれども、1990年代に入ってから望ましくない横ばい状況が続いている、こういう状況です。



—スライド(土砂災害による人的被害)—

ちょっと数字のほうは羅列でご覧いただきにくいかもしれませんが、土砂災害による人的被害が年ごとにどういう変遷を辿ったかというのをデータでまとめていますが、一番見ていただきたいのは下のところ、赤で書いているデータです。

死者と負傷者の割合、これをご覧いただきたいと思います。死者が年平均33名、それに比べて負傷者が20名。致死率という数字の出し方がありますけれども、亡くなられた方、負傷された方の中で命に関わる亡くなられた方の率、これが62%ということで非常に高いということが言えると思います。

発生年	発生件数	死者数	負傷者数	致死率(%)	被害家屋数
H16	2,537	62	57	52.1	1,186
H17	814	30	11	73.2	313
H18	1,441	25	32	43.9	435
H19	966	0	12	0.0	230
H20	695	20	5	80.0	121
H21	1,058	22	13	62.9	265
H22	1,128	11	14	44.0	297
H23	1,422	85	20	81.0	467
H24	837	24	14	63.2	339
H25	941	53	24	68.8	413
10ヵ年平均 (100件当り)	1,184	33	20	62.2	407
	100	2.8	1.7	62.2	34.3

※ 死者数欄には行方不明者数を含む
 ※ 致死率=死者数÷(死者数+負傷者数)×100

—スライド(交通事故による人的被害)—

片や交通事故との比較をしてみました。交通事故もこれは交通白書のほうからデータを引っ張ってきたのですが、同じ件数でいくと母数が全然違いますので比べるのもいがかと思いますけれども、100件辺りに直すと0.7人の方が亡くなって、けがをされた方が123名、致死率が圧倒的に低いということが言えると思います。

発生年	発生件数	死者数	負傷者数	致死率(%)
H16	952,709	7,425	1,183,616	0.62
H17	934,339	6,927	1,157,115	0.60
H18	887,257	6,403	1,098,566	0.58
H19	832,691	5,782	1,034,653	0.56
H20	766,382	5,197	945,703	0.55
H21	737,628	4,968	911,215	0.54
H22	725,903	4,922	896,294	0.55
H23	692,056	4,663	854,610	0.54
H24	665,138	4,411	825,396	0.53
H25	629,021	4,373	781,494	0.56
10ヵ年平均 (100件当り)	782,312	5,507	968,866	0.57
	100	0.70	123.8	0.57

※ 致死率=死者数÷(死者数+負傷者数)×100

—スライド（土砂災害と交通事故の比較）—

片や自然災害、片や人員による human error が主たるもの。これを比べてみるのはいかがかなというのがありますけれども、両方並べてみるとこういう形です。

土砂災害に遭遇した場合は、非常に命に関わる可能性・危険性が高いということが数字的に裏付けられるのではないかなというように思っています。

ちょっとバックしますけれども、土砂災害をご覧いただくと死者の数、この左から3番目のコラムですが、縦に見ていただき見ますと人命被害の多い年もあれば少ない年もあります。ちょうど平成19年が実は死者ゼロという年がございました。その前の年、平成18年に土砂災害防止のスローガンは「死者ゼロを目指して頑張ろう」と言ったら、次の年にいきなり死者ゼロになってしまっていて、いきなり目標達成かと言ったのですがそんなことはなくて単なるまぐれで、次の年からやはり数十人オーダーの死者が続いています。年によっては非常にデコボコが大きい。起こるときはまとまって起こるし、起こらないときは少ない。最近はそれがだんだん多くなっているのではないかなと。

一方、交通事故のほうを見てまいりますと、数が着実に減っているということがお分かりいただけます。発生件数も実は平成16年の95万件というのがピークで、それからものすごい勢いで減っています。それからけがをされた方もこれもすごい勢いで減っている。死者に至りましては、昭和の40年代に一万何千人だったのですが、平成4年にも一万何千人、それが今は4,000人というオーダーも減ってきて、交通安全対策が非常に進んでいるのだなということが分かりますし、もう1つこの致死率の数字だけを見ても、ここには書いてありませんけれども、平成9年に1%ぐらいであったのが、いまは0.5%ぐらいということで、人命を守る対策、いろいろな対策があると思いますけれども、それが進んだ成果がこうやって表れている。こういうものを参考にしなければいけないなと思っているところでもあります。

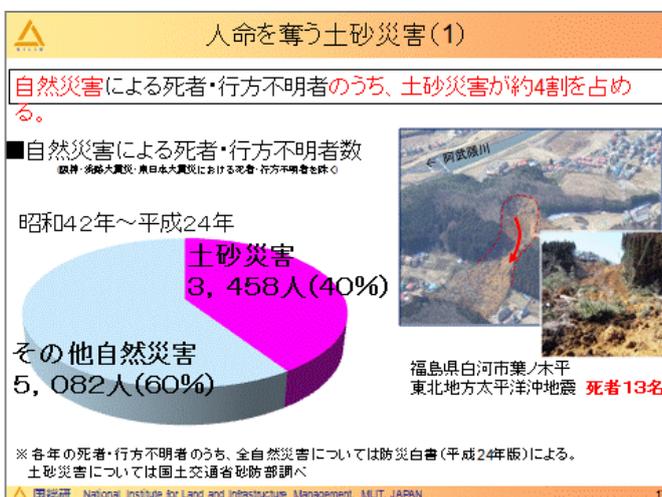
土砂災害と交通事故の比較				
過去10ヶ年、100件当たりの比較				
	発生件数(件)	死者数(名)	負傷者数(名)	致死率(%)
土砂災害	100	2.8	1.7	62.2
交通事故	100	0.7	123.8	0.6

土砂災害は負傷者に比べて死者の割合が高い、すなわち人命被害に直結する災害である。

—スライド（人命を奪う土砂災害（1））—

さて、土砂災害が人命に直結しやすいというお話をいたしました。それに関して2つほど紹介をさせていただきます。

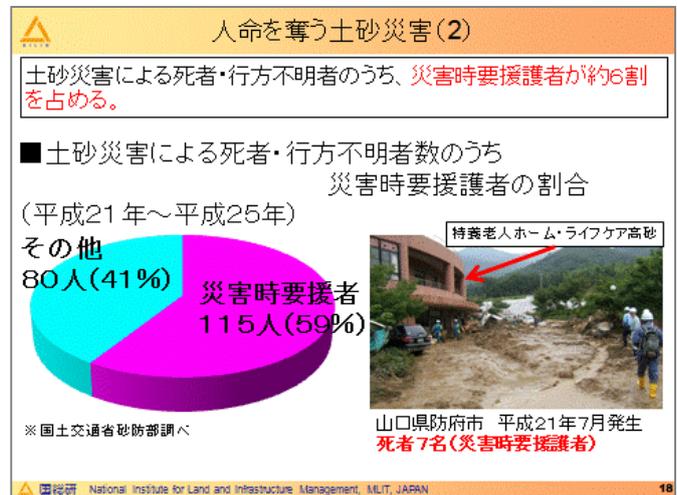
1つは自然災害。土砂災害にもいろいろな災害がありますが、それによる死者・行方不明者の数を昭和42年以降ずっと拾ったものであります。阪神・淡路それから東日本の地震による死者・行方不明者の数を除いての数字でありま



すけれども、すべての自然災害のうち約40%が土砂災害によって命を落とされているというものであります。その他の災害というのは、もちろん大きな地震以外にも水害、あとは例えば竜巻とか、風水害の影響がありますけれども、土砂災害が実に4割ということでもあります。

—スライド（人命を奪う土砂災害（2））—

もう1つの特徴として挙げるべきなのが、災害時要援護者の方々、特にお年寄り、体の不自由な方々が被害に遭いやすい種類の災害だと。要は逃げ遅れが命につながるということであり。これは平成21年から25年のデータですけれども、土砂災害による死者・行方不明者のうちこのピンのところ、災害時要援護者の方が犠牲になっておられるのが約6割に上っているということです。



右側の写真、ご記憶の方もいらっしゃるかも知りませんが、平成21年に山口県で発生をいたしました土石流によって、ライフケア高砂という老人ホームに土石が流入して7名の方が亡くなってらっしゃいます。

こういう災害時要援護者の方々の利用される施設というのが、案外こういう谷の出口であったり、崖の下であったり、そういったところに立地をしているケースが非常に多いということで、これについては国のほうでも重点的にそういった箇所に予算配分をして対策をしていくという政策は打ち出されておりますけれども、いかにせん逃げ遅れられる方が多いですし、少ない職員の方々で有効に避難をしていただくというのはなかなか難しい側面があるのかなと思います。そういったのが被害につながっているということです。

—スライド（広島県広島市八木・緑井地区 土地利用変遷）—

もう1つ、広島の今年の災害でよく言われたことでもありますけれども、宅地がどんどん山裾に広がっていて、それが災害を大きくしたのではないかということについてであります。

これは、こちらの白黒は戦後間もないころの写真ですけれども、それが時間の経過とともに山肌にどんどんと宅地が広がっていく模様が分かると思います。これは災害が起こる前、2009年の写真でありますけれども、ここの地域について今回これらの写真ですが土石流が行っています。ちょうど真ん中の左ぐらいの所ですが、ちょっと色が変わっている所、ここに実は県営住宅がありました。ここの県営住宅があった地点と言いますが、実は県営住宅ができる前はどうか



たかという、もうすでに宅地にはなっていました。ただ、1970年代に宅地化された所がその後たぶんこれ建て替えられたのだと思います。県営住宅が立地。当然と言いますか、この上流側の谷、たくさん谷がありますが、それについては砂防施設等がない状態でありました。今回そういった所で不幸にも災害が起こってしまったということでもあります。

—スライド（土砂災害の特徴と留意点）—

こうした土砂災害のいろいろな特徴について、あえて取りまとめをしてみますとこういうことが言えるのではないかと考えています。ここでは3点挙げています。

まず1点目は、この土砂災害の発生に関わること。誘因がさまざまに再現性がまちまちだということです。きょうは紹介しませんでした、この雨以外にも火山噴火、あるいは地震、いろいろな理由で土砂災害が発生いたします。再現

性がまちまちというのは、いつ起こるのか、どこで起こるのかというのが一定していない。昨日起こったからといって、明日大丈夫かということではない。それから過去100年起こっていないから大丈夫か、必ずしもそうではない。続けて起こったり、起こらなかったりすることもあるし、それから思いがけない場所で起こることもある。そういったことが言えるかと思っています。

2点目が、先ほども言いました人命被害に直結しやすいということ。そして一度被災をいたしますと、その復旧復興には非常に長期間を要する。これが特徴ではないかなと思います。

3点目でございますけれども、これは現象面でありますけれども、危険箇所だけで起こると分かっているならばこれは比較的手が打ちやすいのですが、危険箇所としてマークされていない所でもある日突然起こる場所がある。過去にそういう履歴がない所でも起こる場所がありますし、ひとたび起こると、きょうは時間の関係で紹介しませんが、火山噴火、あるいは天然ダム、そういったのがいわれますけれども、時間の経過とともに状況が刻一刻と変化していく、そういった悪い性格があります。これに対応していくのは非常に難しいということです。

これらに対応するのにどういうことに留意すべきかというのを、私の経験を踏まえて書いてみました。

1つは現場に近い市町村が実は一番必要な技術・経験なのですが、それは市町村ほど経験が積みにくい。繰り返し起こらないので、職員を育てることも難しいし、もうそういう経験を知っている人も少ない、そういったことがあると思います。これこそがわれわれ国の機関というのは大いに関係するところかなと思っています。国の機関におりますと、全国あちこちで起こる災害に職員を派遣して、いち早く現地を見るという経験を積んでいますから、いろいろな災害の、平たく言うと場数を踏んでいるということがあります。そういったのが特徴の1つかと思っています。

もう1つ、人命被害の観点から言いますと、もちろん警戒避難、早めの避難は必須でありますけ

土砂災害の特徴と留意点

- ・誘因は様々で、再現性はまちまち
⇒現場に近い市町村ほど経験を積みにくい
- ・人命被害に直結し、復旧復興が長期化
⇒警戒避難は必須。砂防施設が効果てきめん
- ・危険箇所以外でも発生し、経時的に状況変化
⇒想定外に対処する危機管理能力が必要

国土院 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN 20

れども、あわせてこれもきょうよくはご説明しておりませんが、砂防の施設が入っている所は少なからず効果を発揮している所があります。広島ではほとんどの溪流では施設が入ってなかったのですが、一部施設が入っていた所では難を免れたという箇所もございます。こういったことでソフト、それからハード、両面の対策が効果があるということが言えると思います。

そして3つ目、いろいろな所で発生する、それからどんどん状況が変わるということですから、想定外に対処する危機管理、これはいろいろな場面で求められるということがあると思います。われわれ国の機関はこういう場数を踏む機会が多いのですが、そうでなくても日頃から訓練等を重ねておくことが大変重要だということと言えるのではないのでしょうか。ということで、2のところ、そういったところでまとめておきたいと思います。

—スライド（減災の取り組み）—

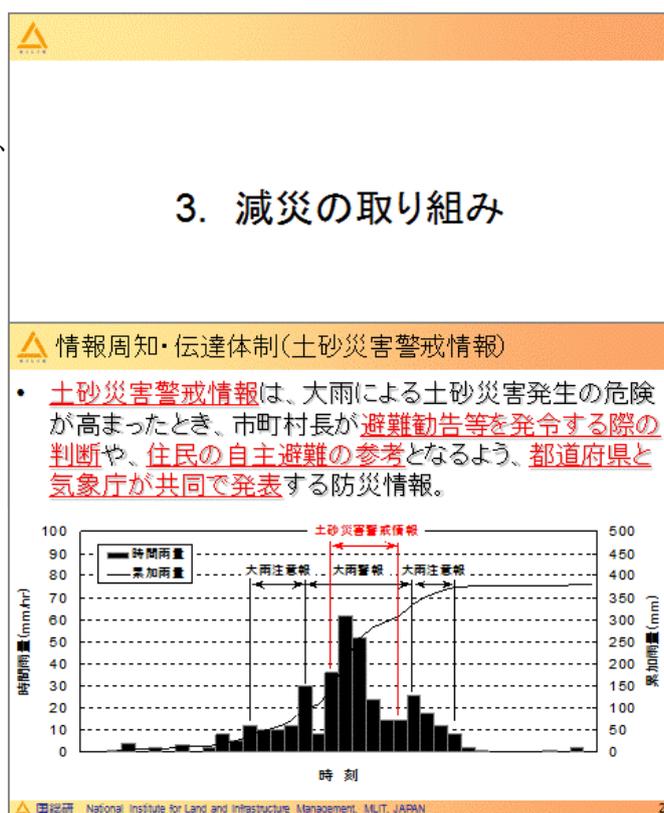
最後に、減災の取り組みということで主としてこれまでどういう政策が取り組まれてきたか、これからどうしていくかということについて触れておきたいと思います。

—スライド（情報周知・伝達体制（土砂災害警戒情報））—

まずここで、もうすっかりお馴染みになったかもしれません、土砂災害警戒情報という情報がございます。分かりやすくいうと大雨注意報、大雨警報の次にくるものだと思っていただければいいのですが、この警戒情報を目安にして市町村長さんは避難の勧告や指示等の目安にする。住民の方々も自主避難の参考にしていただきたいということで、気象庁、それから都道府県の砂防部局が共同で発表する、そういう種類の情報であります。

実はこの土砂災害警戒情報自体は、2005年、いまから10年ぐらい前から本格的に導入はされ始めておりますけれども、それに先立つものとして土石流の警戒避難基準というがございます。現在のように雨の予測とかそういったものを取り入れるはるか昔であります。昭和57年に長崎大水害と言うのが発生して一晩で299名の方がお亡くなりになっておりますけれども、その中の8割ぐらいが土砂災害によるもの。それをきっかけに、1984年、昭和59年に土石流の警戒避難基準、雨をもとにして逃げる基準を定めよう。それが当時の土木研究所、われわれの前身でありますけれども、われわれの先輩方が大変苦勞されてそういう基準を設けられて、それがきょうこの土砂災害警戒情報というのにつながっているということです。

1つ注意していただきたいことがあるとすると、この土砂災害警戒情報というのは、もっぱら集



中的に発生する崖崩れ、あるいは災害があったようなところでの土石流の警戒避難、こういうのに対する警戒避難なので、もちろん警戒情報が出ていないからと言ってと何も起こらないという性格のものではないということにご留意いただきたいというように思います。

実際に警戒情報が活用されたか、されていなかったかというのが先の伊豆大島の災害でも大きな議論になりましたし、また今回の広島災害でも議論になっています。

例えば伊豆大島の場合は、火山の警戒避難というのは非常に熱心にやられていたのですけれども、この雨について、土石流についてはノーマークだった。また、広島もわれわれは実はよく知っているのですけれども、非常に熱心に土砂災害の警戒避難に取り組まれていた所ではありましたが、今回の災害は避けられなかった。どちらも実は未明ですね、真夜中に災害が起こっている。こういったことに対してどうしていけばいいのかというのは、われわれのこれから取り組むべき課題かと思っております。

1つ今回の土砂災害の特徴は、先の臨時国会で改正をされましたけれども、その中でこの警戒情報と言うのを都道府県から市町村長に通知するというのは義務化がされました。行政のほうでも1つ1つ進んでおりますけれども、さらなる研究開発が必要かなと。これをより活用していくためにどうすればいいかなということが、今後の課題の1つかと思っております。

—スライド（土砂災害の前兆）—

ぜひここで紹介しておきたいことの1つが、土砂災害の前兆現象です。ちょっと字が細かくて見づらいかもわかりませんが、いろいろなことが書いてあります。

土石流の場合は急に川の水かさが減ったり、あるいは溪流内、川の中で石と石がぶつかって火花が出たり、それから山が崩れているので腐った土の匂いがするといった前兆現象が知られています。

あとは地すべり場合ですと、井戸水か濁ったり、それから池沼の水位が急に変わったりする、地下水の影響を受けた現象が何か起こっているらしい。こういった前兆現象があることが知られています。ぜひきょうは専門の方が多いと思っておりますけれども、こういったことも意識していただきたいと思っております。学識者の方、最近の指摘ではこういう前兆現象を一生懸命に言うのはいいのだけれども、前兆現象が無い災害の発生と言うのもあるのでよく注意をした方がいいということでもあります。

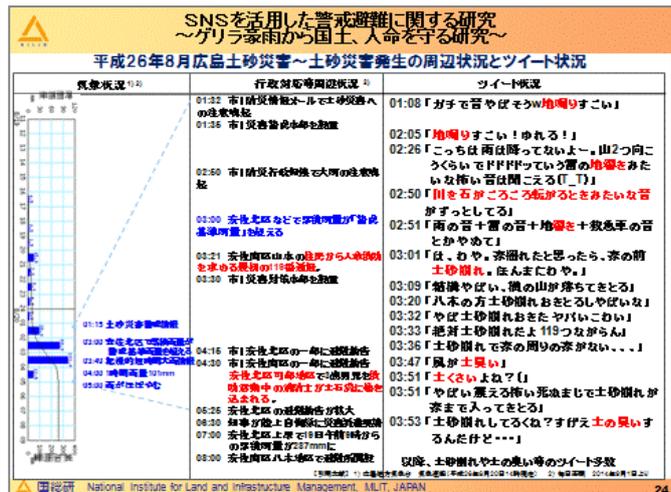
土砂災害の前兆

	土石流	がけ崩れ	地すべり
視覚	<ul style="list-style-type: none"> 川の水が濁る 降雨継続中に川の水位が下がる 落石 濁水に流木が混じる 溪流内の火花 	<ul style="list-style-type: none"> がけ面に割れ目・緩み 小石が落ちる 表面流が生じる 斜面上で湧水 湧水の濁り 樹木の傾斜 	<ul style="list-style-type: none"> 地面にひび割れ、陥没・隆起 沢、井戸の水の濁り 斜面上の湧水 池沼水位の急減 樹木の傾斜 家屋、擁壁の亀裂や傾斜
聴覚	<ul style="list-style-type: none"> 地鳴り、山鳴り 転石同士の衝突音 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木の揺れる音 樹木の根が切れる音 地鳴り 	<ul style="list-style-type: none"> 樹木の根が切れる音
嗅覚	腐った土の匂い	—	—

国土院 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN 23

—スライド（SNS を利用した警戒避難に関する研究）—

さて、近年の研究の一端でありますけれども、これも字が大変小さいのでちょっと見えないと思いますけれども、Twitter を活用した土砂災害の警戒危機、まさに予兆の部分なのですけれども、それを活用したものができないかと。これは広島災害のときのつぶやきの事例です。実際の最初の災害の通報があったのが3時過ぎなのですが、実はその前の真夜中の1時からいろいろなつぶやきがなされています。これを災害対策に活用しない手はないということで、いま検討を進めているところであります。



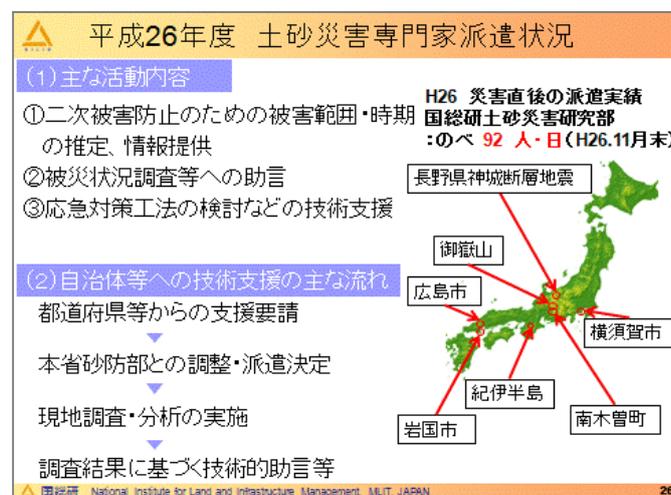
—スライド（SNS を利用した警戒避難に関する研究）—

実際のイメージ。雨でどの辺で災害が起こってそうだとすることをキャッチして、先ほどのつぶやき情報をもとに特にこの辺で何か起きているらしいという情報があれば、それをすぐに紐解いて参考にすると。もっばら防災担当者が活用するイメージですけれども、こういったアプリケーションができないかということについて検討をしています。



—スライド（平成 26 年度 土砂災害専門家派遣状況）—

最後になりますけれども、もう1つのわれわれの活動。先ほど研究総務官のほうからご説明がありましたので、詳細は省きますけれども、われわれ土砂災害の専門家派遣というのを1つの大きな柱にしています。先ほども言いましたように、全国規模で活動するわれわれだからこそできるところがあるだろうということで、全国各地土砂災害が発生するとそこに赴いて、もちろんアドバイスもしますけれどもそこでわれわれ自身も知見を積むというこういった活動をしてきております。



—スライド（TEC-FORCE（緊急災害対策派遣隊））—

TEC-FORCE との関係と言うのをよく聞かれません。TEC-FORCE はもう皆さんご存知だと思いますけれども、平成 20 年からできた仕組みです。土砂災害の場合は小さな規模の災害のこともあるので、必ずしも整備局で TEC-FORCE が整備されない場合もあるので TEC-FORCE がある、ないにかかわらず出向くことがあります。広島でも最初は TEC-FORCE ではなくて現地に行って、そしたら整備局のほうで TEC-FORCE の組織ができたので、正式に TEC-FORCE の派遣ということで国総研の TEC-FORCE として現地に赴いて協力をする、こういった活動をしています。

余談ですけれども、昨日のニュースか何かで、平成 26 年の人事院総裁賞というのに関東地方整備局 TEC-FORCE が受賞することが決まったというおめでたいニュースもあるようです。こうやって地道な活動に与えられる賞だということで、お慶び申し上げたいと思っています。

TEC-FORCE (緊急災害対策派遣隊)

TEC-FORCE (Technical Emergency Control Force)

- ・大規模自然災害が発生、又は発生する恐れがある場合に、被災地方公共団体等に対して、円滑かつ迅速に災害対応の技術支援を実施
- ・隊員は災害対応を経験した職員等全国の国土交通省職員の中から選出された災害対応エキスパートで構成

大島町での活動の様子

広島市での活動の様子

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN 27

—スライド（土砂災害専門家の支援活動～広島市～）—

さて、これは現地でのわれわれの活動の一端であります。詳細は省略いたしますけれども、室長、研究官、われわれ、それぞれ現地に赴いていろいろな活動をしています。

土砂災害専門家の支援活動～広島市～

現地での溪流調査

政府調査団等への現場説明

捜索隊への技術的助言

緊急調査結果の記者レク

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN 28

—スライド（平成 26 年 9 月 27 日御嶽山噴火に伴う対応状況）—

一番最近では御嶽山の噴火が 9 月にございましたけれども、そのときは火山灰が降り積もって土石流が発生しやすくなるのではないかということが大変懸念をされました。それに対してさっそく現地に行って、ヘリによる上空からの調査、そして火山灰がどれくらい積もっているか、その火山灰をもとにして土石流が出た場合どうなるかというのを土木研究所と協力してシミュレーションをいたしました。そのデータについて市町村長さんに説明をしてきました。こういった活動もしています。

平成26年9月27日 御嶽山噴火に伴う対応状況

噴火後の御嶽山 山頂付近の様子

シミュレーション結果(濁川)
■:土石流発生時に被害を受ける可能性のある範囲

- 1) 発生場所**
御嶽山(長野県王滝村、岐阜県下呂市)
- 2) 発災日時**
平成26年9月27日(土) 11:52分頃
- 3) 活動内容(国総研+土研)**
土砂災害防止法に基づく緊急調査等
 - ・ヘリによる上空からの調査
 - ・火山灰降灰状況の調査
 - ・火山灰堆積での土石流に関するシミュレーションと結果についての情報提供
 - ・地元自治体への説明、警戒避難に係る技術支援等

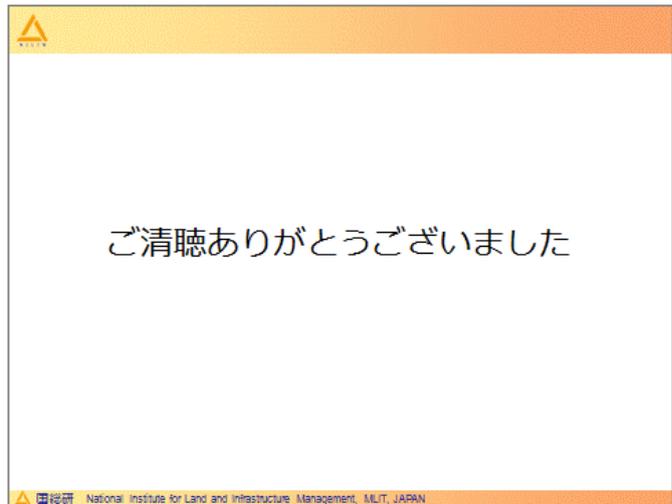
現地調査の様子

火山灰の降灰状況調査の様子

技術的助言の様子

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN 29

日頃の研究を活かして、こういう活動をしているという先ほど紹介がありましたけれども、その逆もまたあるのかなど。こういう日頃の全国の現場での活動を研究に活かして、これからも取り組んでいきたいと思っております。「すぐに役立つ土砂災害」というテーマで、土砂災害対策についてお話をする予定だったのですけれども、すぐに役立つように今後とも研究活動をしていきたいなということでのお話になってしまいました。



雑駁な話で恐縮でございますけれども、どうもありがとうございました。

—終了—

【参考文献】

- 1) 内田太郎，西口幸希：歴史的にみた近年の土砂災害の特徴，砂防学会誌，Vol.64，No.2，p.58-64，2011.7.
- 2) 国土交通省砂防部：近年の土砂災害発生件数，2014.
- 3) 警察庁交通局：平成 25 年中の交通事故の発生状況，2014.

3.3 国民・社会の要請に応えるための建築分野の取り組み (建築研究部長 五條 渉)

皆さん、おはようございます。

いまご紹介いただきました建築研究部長の五條でございます。よろしくお願いいたします。

—スライド（発表の構成）—

私からは国民・社会の要請に応えるための取り組みということで、私ども建築研究部がどのような活動をしているかということについてのご紹介をさせていただきます。

まず、我々の使命について簡単にご説明した後、我々はいろいろなことをやっているわけですが、最近やっております主要な活動について、ここに書かれているような項目・順番に従いまして、いくつかをご紹介しますという形での説明にさせていただきます。

—スライド（1. 建築研究部の使命）—

まず、我々は国民社会のニーズに応じて、先ほどの用語で言うと防災・減災の取り組みがメインですが、その他いろいろ、快適性の確保等、あるいはここには書いてございませんがメンテナンスとか、地球環境とかいろいろな問題への取り組みもやっております。

具体的には研究所の本分でありますいろいろなニーズに基づく調査研究をやらせていただいているのはもちろんでございますが、その知見を活かして建築基準法などの技術基準の原案を作成するということが、我々の一番大事な業務になっております。

それから技術基準を実際に法令として作っていくのは国土交通省本省の行政部局の役割でございますが、そういったものができた後にいる



写真-6 建築研究部長 五條 渉

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management, MLIT, JAPAN

国民・社会の要請に応えるための 建築分野の取り組み

建築研究部長 五條 渉

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

△ 発表の構成

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

いろな指針を作ったり、技術指導をしたりという
ことで、技術指導の円滑な運用を図っていく、
そういった役割も我々が担っております。

それから広く言えば上の調査研究に含まれま
すが、事故や災害が起きたときにいろいろな調
査研究をしたり、技術的な支援をしたりという
ようなことも行っております。

—スライド（2. 安全・安心の確保のための研 究）—

最初に、安全・安心確保のための研究という
ことで、東日本大震災で建築物に関してもいろ
いろな被害が生じて、いろいろな課題が明らか
になりましたが、それについての対応について、
いくつか事例をご紹介させていただきたいと思
います。

まず、津波の問題です。津波は建築物に大変
な被害を与えました。津波の被災地の調査、ど
んな力が働いて、流れてしまった建物、それか
ら残っている建物、いろいろございましたが、
そういったものを調べまして、津波の力として
どういうものを想定すればいいか、それに対し
て建築物が耐えるためにはどういう設計をして
いけばいいかということについて検討をいたし
ました。

津波は建築基準法の一般的な規制の対象には
なっておりませんが、技術的な助言で設計法を
明らかにしたり、あるいは新しくできた津波防
災地域づくり法に基づく技術基準告示というも

のがございます。そういったものに我々の調べたことを反映して、基準を作らせていただきました。
その解説とか、具体的な設計例を作って、講習会をやるというような活動もさせていただきまし
て、現在それに基づいて津波の避難ビルなどの設計ができるようになっております。

△ 1. 建築研究部の使命

国民や社会のニーズに応え、安全・安心 で快適な生活環境を実現

- ▶ 調査・研究による科学的・技術的な
知見の蓄積と、それを活用した建築
基準法、住宅品質法、省エネ法など
の技術基準の原案作成
- ▶ 指針監修、技術指導等を通じた研究
成果や技術基準の普及
- ▶ 事故・災害時の調査・技術的支援

△ 発表の構成

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援
活動

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

東日本大震災の教訓を踏まえた建築基準の検 証・見直しへの対応

a) 津波危険地域における建築基準等の整備に 資する検討

- 津波に対し構造耐力上安全な建築物の設計
法等に係る技術的助言の発出(H23.11.17)
- 津波防災地域づくりに関する法律に基づく告
示制定(H23.12.27、H24.6.13)
- 解説及び具体の設計例の作成、講習
⇒津波避難ビルなどの設計において活用

—スライド（2. 安全・安心の確保のための研究 b) 地震被害を踏まえた・・・）—

それから、天井の脱落というものが非常に目立ったわけでございます。

—スライド（東日本大震災での天井脱落の被害）—

これはちょっと詳しくご紹介いたしますが、ここにご紹介したような天井の脱落の被害が多数発生いたしまして、残念ながら5名の方が亡くなるというような被害もございました。

ただ、本当はもっと大惨事になってもおかしくないような状況でございましたので、我々としてはこの対策をしなければいけないということで取組みを行いました。これまでの建築基準法では、天井が地震のときに落ちてはいけないという精神的な規定はあったのですが、具体的にそれをどうやって実現すればいいかという基準はございませんでした。

—スライド（基準原案策定のための研究）—

平成23年度から3年間をかけまして、どういふことをすれば脱落が防止できるとかということの検討をいたしまして、技術基準の原案というものを取りまとめました。

—スライド（新築建築物等に対して技術基準への適合を義務付け）—

それについて、昨年7月～8月にかけて政令と告示が公布されまして、今年4月に実際に適用になっております。具体的な対象は天井の床からの高さが6mを超える、それから200㎡を超えるというようなある程度の規模の天井で、ちょっと書いてございませんが、ある一定以上の重さがあるもの。そういった吊り天井というものが規制対象となっております。

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

b) 地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討: 天井脱落防止対策に関する技術基準



△ 2. 安全・安心の確保のための研究

東日本大震災での天井脱落の被害:

- 体育館、劇場などの大規模空間を有する建物の天井等について多数の脱落被害
 - 人的被害: 死者5名、負傷者72名以上
 - 被害件数: 約2000棟 (建設団体の調査)
- 従来の建築基準法令では、天井脱落対策に係る具体的な構造基準の規定なし

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

基準原案策定のための研究

- 地震被害を踏まえた非構造部材の基準の整備に資する検討 (H23)
- 吊り天井の耐震設計に係る基準の高度化に資する検討 (H24-25)
 - 建築基準法に基づく天井脱落対策に係る技術基準原案の作成

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

新築建築物等に対して、技術基準への適合を義務付け (H25年7-8月公布、26年4月施行)

- 対象: 6m超の高さにある200㎡超の吊り天井
- 技術基準の内容:
 - 【仕様ルート】 接合部の緊結、プレースの設置等について規定
 - 【計算ルート】 構造計算により天井の耐震性等を検証
 - 【大臣認定ルート】 個別の性能評価により安全性を検証

具体的な設計基準による仕様ルートと呼ばれている基準を作るのと同時に、構造計算で安全性を確かめるといようなことも可能にしております。あと特殊なものについては大臣認定で対応するという体系になっております。

—スライド（【仕様ルート】による吊り天井：部分モデル）—

ちょっと字が小さくて読みにくいかと思いますが、お手元の資料で詳しく読めると思います。いろいろなことが書いてあるので細かいことは省略いたしますが、これは壁などとの間に隙間を設けて、地震のときに天井が壁に衝突しないようなものをとということで、この基準を作っております。

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

【仕様ルート】による吊り天井：部分モデル図

① 吊りボルトは、上向きに取付すること

② 斜め部材は、V字状に、固定式又は固定とされる組立を的の合い取付すること

③ 天井の単位面積質量は、20kg/m²以下

④ 天井材は、相互に連結し、荷重又は外力により、容易に落下し、外れ、損傷を生じないこと

⑤ 壁等との間に、5cm以上の隙間を設けること

⑥ 天井部に地震対策を設けなければならないこと

⑦ 吊り長さ、2m以下で、お好みは同一とすること

⑧ 支持構造部は、十分な剛性及び強度を有するものとする

⑨ 吊り材には、吊りボルトを用いること

⑩ 構造耐力上主要な部分に取り付ける懸吊部材又は吊り材は、壁の孔又は開口部、ボルト等により破損し、容易に落下し、外れ、損傷を生じないものとする

⑪ 壁等に面する天井は、落下し、外れ、損傷を生じないこと

11

—スライド（天井脱落対策に係る技術基準の解説・広報）—

これでいまのような基準について解説を作りまして、国総研資料の第751号という形で公開しております。これは国総研のホームページで閲覧・ダウンロードできますのでご興味のある方はぜひご覧いただきたいと思います。

こういったものを用いた講習会等の活動等を実施いたしまして、基準は、今年4月から適用になっております。ただ、先ほど申し上げたように、いま隙間が空いている形でしか基準がありません。隙間がないようにピッタリと壁にくっついた天井も作りたいというニーズが非常に強いことも分かりましたので、いまそういったものを含めた形での基準改正をやるということで、検討を続けております。

—スライド（c) エスカレーター等の昇降機に係る地震安全対策に関する検討）—

次にエスカレーターの話ですけれども、エスカレーターが脱落するという被害が今回起こりました。これもまた非常に幸いなことに、人

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

天井脱落対策に係る技術基準の解説・広報

- 技術基準の逐条解説や天井の試験・評価法に関する技術資料(国総研資料第751号)の作成
- 設計・施工者、審査担当者向けの説明会の実施 (H25年9～11月 東京・大阪で延べ6回)

⇒本年4月より適用開始

現在、技術基準への新たな仕様の追加などのための検討を継続中

12

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

c) エスカレーター等の昇降機に係る地震安全対策に関する検討: エスカレーターの落下防止対策に関する技術基準

- 建築基準法 政令改正 (H25.7)、告示制定 (H25.8)

13

がないときにこれが起こったので死者等が出なかったのですけれども、もし昼間人が多いときにこれが起きていたら大変なことになるということで、これも技術基準の原案を検討いたしまして、天井と同じタイミングで基準改正をして施行しております。

—スライド (d) 長周期地震動に対する建築物の
の安性検証方法に関する検討) —

長周期地震動の問題も注目されました。長周期地震動は、普通の建物はあまり関係がないのですけれども、超高層あるいは免震建築物というような固有周期が長い建築物に対しては非常に影響が大きいということです。東日本大震災のときに遠く離れた大阪の咲洲（さきしま）庁舎という超高層で非常に大きな共振現象が起きて、建物が被害を受けたということがございました。

これに基づく検討というのは、実は東日本大震災の前から大変な課題だということが分かっておりまして検討していたのですが、大震災で得られたいろいろな情報を踏まえまして、またその見直しというものを行っております。これは建築基準法の一般基準ではなくて、超高層のような建物を個別認定するときの基準としていまやっていることを反映させる予定で、頑張っております。

それから大震災では液状化というものが大変な問題になりました。これもちょっといろいろ検討したのですが、建築基準法上の一般規定にするにはなじまないということで、いろいろな情報をどうやって評価するかというようなことを検討して、住宅性能表示制度の項目に追加することになっております。これは来年の4月から適用されるということになっております。

以上がいくつかの事例でございますがご紹介をさせていただきました。

—スライド (3. 木材利用促進のための研究)

次に観点が変わりまして、木材の利用を促進するための研究というものをご紹介させていただきます。

—スライド (木造3階建て学校の火災安全性に関する研究) —

具体的には、木造の3階建ての学校を火災に際してどうのように安全に設計するかということを検討しているわけです。これは、いま、建築基準法では大規模な建物とか、不特定多数

△ 2. 安全・安心の確保のための研究

d) 長周期地震動に対する建築物の安全性検証方法に関する検討

- 長周期地震動の作成手法、超高層建築物等の耐震設計クライテリアの検討

⇒ 超高層建築物等の認定基準に反映予定

e) 液状化に関する住宅情報の表示に係る基準の整備に資する検討

- 液状化判定手法の妥当性、地盤の液状化に関する情報表示等についての検討

⇒ 住宅性能表示制度の表示項目に導入(H27.4)

14

△ 発表の構成

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

15

の方が利用する特殊建築物と言われているものについては、非常に厳しい制限があつて基本的には木造では建てられないということになっております。

一方で、木造の建物を促進すべきだという話がいいろいろございます。これはもちろん産業の振興になり、森を守るといことはいろいろな意味でいいことですし、地球環境、CO₂排出

削減、いろいろなメリットがあるということで、木造をどんどん使えるようにして欲しいというようなニーズがございます。

—スライド（社会資本整備審議会・・・）—

それで先ほどの規制を見直すということで、社会資本整備審議会の検討を経て、我々のほうで基準原案の策定のためのいろいろな活動をやっております。これは我々だけではもちろんできませんので、国土交通省から補助事業が設けられまして、その事業主体と、それから独法の建築研究所、こういった方々と一緒に活動しております。

—スライド（3度の実大火災実験その1）—

これはニュースになったのでご記憶の方も多いと思いますが、実大実験、本物の学校と同じような建物を建てて燃焼させるという実験を3度やっております。これは普通にあまり工夫せずに建てたらどういうように燃えるかということをやったもので、国総研の中で平成24年にやりました。

—スライド（3度の実大火災実験その2）—

次にいろいろな防火対策を講じたらどういうように燃えるかという実験を、岐阜県の下呂のほうで2年目にやりました。

△ 3. 木材の利用促進のための研究

「木造3階建学校の火災安全性に関する研究」

- 背景: 火災安全性の観点からの建築基準法に基づく木造建築物の建設制限
 - 延べ面積 3000㎡以上は建設不可(法21条)
 - 3階建て以上の学校は建設不可(法27条)
- 木造建築物の規制見直し要請
 - 公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律(平成22年10月施行)
 - 行政刷新会議規制・制度改革分科会の指摘(平成22年6月)

△ 3. 木材の利用促進のための研究

- 社会資本整備審議会(建築分科会建築基準制度部会)における検討
- 国総研: 木造建築物の防・耐火性能評価技術の向上を踏まえた木造3階建て学校に関する基準原案の検討
- 連携:
 - 国土交通省補助事業の事業主体(早稲田大ほか)
 - 独立行政法人建築研究所: 火災安全上の要求性能検証のための要素実験等の実施

△ 3. 木材の利用促進のための研究

- 3度の実大火災実験 その1
 - H23年度 課題を把握するための予備実験(国総研内 H24.2)



△ 3. 木材の利用促進のための研究

- 3度の実大火災実験 その2
 - H24年度 対策の有効性を確認するための準備実験(下呂市内 H24.11)



—スライド（3度の実大火災実験その3）—

最後は技術的な基準をどうするかということである程度検討が進んだ段階で、その効果を確認するというので3年目の実験をやりました。

—スライド（国総研内に設置した建築防火基準委員会・・・）—

こういった実験の他に、もっとスケールの小さい実験とか検討をたくさんやっております。そういうものを取りまとめて技術基準の原案がほぼ固まって来たということで、今年の6月の建築基準法改正で、先ほどの木造3階建あるいは大規模な木造を禁止しているうちで、例外を認めるという改正がすでに法律化がなされておりまして、いまそれに基づく政令とか告示の具体的な基準を我々の方で、本省等と連携して作っているところでございます。

これは間もなくパブリックコメントの手続きを経て公布されて、来年6月から適用される予定でございます。

—スライド（4. 大規模災害への備えのための研究）—

続きまして、いま現在我々が行っている研究活動の中の1つの例ということで、大規模災害への備えということでやっているものをちょっと紹介させていただきます。

—スライド（研究の背景）—

建築基準法、これは最低基準ということで、非常に大きな災害、大地震などが来たときには、倒壊による人命が損なわれるということ防止するという事はもちろん確保されているのですが、一定の損傷が発生することは許容してお

△ 3. 木材の利用促進のための研究

- 3度の実大火災実験 その3
 - H25年度 基準化を想定した仕様確認のための本実験(下呂市内 H25.10.20)



△ 3. 木材の利用促進のための研究

- 国総研内に設置した建築防火基準委員会における検討を踏まえ、木造3階建て学校の建設を可能とする基準原案をとりまとめ
 - 建築基準法第21条・27条等の改正(平成26年6月4日公布):木造3階建て学校等を可能とするための根拠となる規定が実現
 - 現在、政令・告示において規定する具体的な技術基準・例示仕様の検討中
- ⇒早期に公布予定。来年6月より適用

△ 発表の構成

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

研究の背景:

- 建築基準法は、「最低基準」として、大地震等に対する安全性を規定(人命保護を目的とし、建築物の損傷の発生は許容)
- 東日本大震災において、災害拠点となるべき庁舎等の建築物が、地震や津波によって損傷を受け、災害拠点としての機能を喪失(避難や救護救援等の活動に支障)
- 近年、地震以外の事象である台風や竜巻等による建築物被害も発生

ります。ところが、東日本大震災でも数多くの庁舎とか、災害拠点になるべき建物がそういう損傷を受けて使えなくなるということが発生いたしました。

それから最近、地震以外でも台風、竜巻、その他、いろいろな災害が起きておりまして、同じようなことがやはり起こりうるという状況になっております。

—スライド（総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」）—

総合技術開発プロジェクト（総プロ）によって、昨年度からこういった開発に取り組んでおります。

まず1つは津波対策ですけれども、津波の力をまともに受けるとなかなかそれに耐える設計をするというのは難しくなってくるわけなので、その津波の力をあまり受けないようにするというので、どういう配置とか、形状の建築物を造ればいいのか、それから外装材をあえて津波のときに外れるようにして、それであまり力を受けなくするということができないかということで、こういった実験を含んだ開発を行っております。

—スライド（竜巻等による飛来物対策評価法の開発）—

竜巻ですけれども、竜巻で災害拠点のような建物自体が飛んでしまうということは多分ないのですけれども、飛来物で窓とか外装材がやられてそれによって被害を受けるということは想定されます。

これはアメリカなどではこういう基準とか取り組みがなされていて、飛来物のことを英語でミサイルということを知ったのですが、そういったものの実験装置を作って実験をしております。その成果などを踏まえてどうやって安全を確保するかというような基準作りをやることとしております。

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

総合技術開発プロジェクト「災害拠点建築物の機能継続技術の開発」(H25～28年度)

- 低抗力津波避難ビルの開発(建築物の柱の配置等による津波波力の低減)
- 外壁材の脱落による津波波力の低減を考慮した設計法の開発

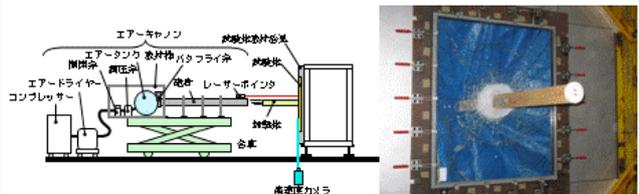
➢ 水理実験等による検討



24

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

- 竜巻等による飛来物対策評価法の開発
 - 外装材を対象とした衝撃試験の実施
 - 建物内部の避難者の安全性及び機能継続性を確保するための判定方法の検討



25

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

- 地震動による外力を想定した技術開発(1): 高耐震吊り天井(非共振天井材)の開発
 - 振動実験による耐力、損傷形態等の検討



26

—スライド（地震動による外力を想定した技術開発(1)—

天井ですけれども、先ほどの基準法の最低基準の天井よりも高性能に、非常に大きな地震が来ても大丈夫な天井を開発するというので、共振をしないような天井を設計し、振動実験をしてみるということをやっております。

—スライド（地震動による外力を想定した技術開発(2)—

普通のRC造の建物というのは、いま柱と梁で造られているものについては、先ほど申し上げたとおり、変形してもいいということになっているので、例えば梁を変形させてそれでエネルギーを吸収して大地震に耐えるというような設計が多いわけですが、そういうことをやりますと、やはり災害拠点の建物などでは損傷が起きて使いにくくなるということがございます。

そこで、柱・梁ではなく壁ですね。これまでは非耐震的にあえて柱・梁と縁を切って作っていたような壁を活かして、全体的に損傷を抑制するような設計法を開発しようということで、いろいろと検討をいたしまして、実大実験でその成果を確かめるという段階にまでいま来ております。来年の1月に実験をする予定で、これは、いまつくばのほうで建設中の試験体の写真でございます。

—スライド（設備システムの機能維持に関する調査研究）—

それから建築設備というのも非常に重要なのは言うまでもないことございまして、その辺についてもいろいろ調べて災害拠点の建物をではどのような設備設計をすればいいかというようなことも検討しております。

こういったことをまとめまして、最終的には設計ガイドラインを取りまとめて、今後発生が予想されるような首都直下地震等に間に合わせてなんとかこういった災害拠点建築の整備

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

- 地震動による外力を想定した技術開発(2): 非構造壁を活用した損傷制御設計法の開発
 - RC造実大実験による架構の損傷抑制機能の検討



27

△ 4. 大規模災害への備えのための研究

- 設備システムの機能維持に関する調査研究
 - 災害拠点建築物の設計において推奨すべき設備技術の検討

以上の要素技術を踏まえた災害拠点建築物の設計ガイドラインを策定

⇒今後発生が想定されている首都直下地震等の大規模災害の被害軽減のため活用へ

△ 発表の構成

1. 建築研究部の使命
2. 安全・安心の確保のための研究
3. 木材利用促進のための研究
4. 大規模災害への備えのための研究
5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

29

をするようにしたいというように思っております。

—スライド（5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動）—

最後は、その他のいろいろな活動をちょっとまとめてご紹介いたします。

—スライド（建築関連技術基準原案の作成）—

最初に書いたのは、先ほどから何度か出ておりますが、建築基準法などの技術基準の策定のことでございます。これについてちょっと、どういう仕組みでやっているかということを変更してご紹介をさせていただきます。

—スライド（研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動）—

我々、調査研究を行いまして、それを検討するための仕組みということで委員会を設置して、いろいろ学識経験者の方のご意見なども伺いながら、あるいは民間の業界とか事業者、そういった方のご意見も伺いながらいろいろ検討をしております。

それから国の補助制度で、いろいろな情報とかを集めてサポートしていただくというような制度がございまして、その窓口役のようなこともやっておりますし、あと民間からいろいろご提案をいただくという仕組みもござい

ます。こういったものを受けて原案を作って、先ほど申し上げたようにその普及とか運用のためのいろいろな活動もやっているということになっております。

—スライド（チャート）—

これはちょっとどんな方が、どのように関わっているかという観点で別の形で説明したチャートがこれでございます。

独法の建研とはいろいろな分野で連携して

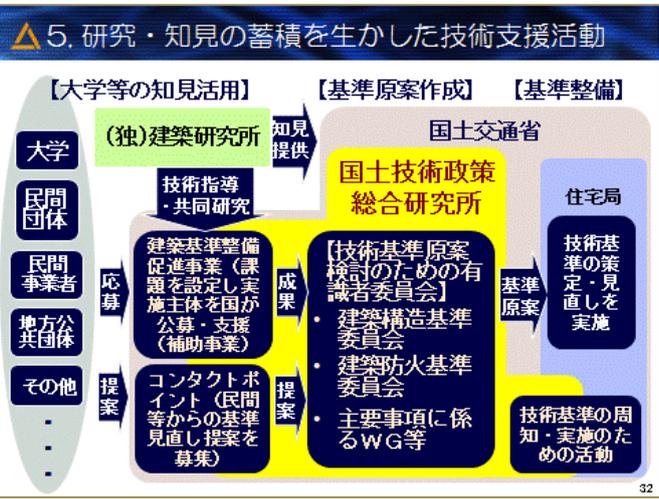
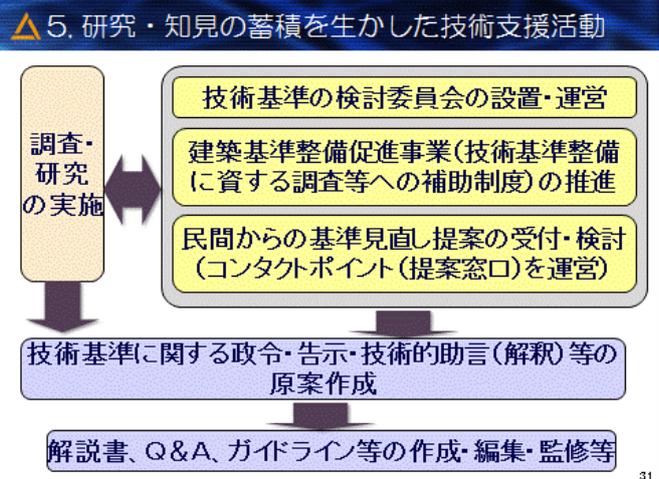
△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

建築関連技術基準原案の作成:

- 建築基準法等の技術基準のレビュー、改正に向けた調査研究、基準原案の作成、基準の周知・普及を、関係機関と連携して実施

<対象法令>

建築基準法(構造、防火、衛生、設備、等)、住宅品質確保法(住宅性能表示・評価)、省エネ法、長期優良住宅法、低炭素まちづくり法、耐震改修促進法、津波防災地域づくり法 他



やっておりますが、あと大学とかいろいろな民間から様々な関与を得て、先ほどの補助金事業の中のいろいろな検討、それからご提案をいただいてそれに基づく検討ということをやっております、それらを踏まえて技術基準の作成というものに取り組むということでございます。そしてその成果を本省の住宅局で実際に技術基準にするということをやるとはわけですが、さらにその後のいろいろなフォローアップ活動は本省と連携して我々がやるということになっております。

—スライド（国際活動）—

それから、その他の活動として国際的な活動もいろいろやっております。特に我々が力を入れてやっているのがISOの関係の活動です。ここに書いてあるようなISOの委員会に参加して、日本の実情を無視したような変な国際規格ができないようにということで、いろいろなインプットをしておりますし、あとはよりよいものができるように貢献したり、あるいはこういったものからいろいろな情報を得て日本国内の基準整備に活かしたりということはやっております。

あとはIRCCという建築基準を作っている機関の国際的な集まりにも参加して、いろいろな情報交換や貢献をしているということもやっております。

—スライド（災害調査）—

災害の調査もいろいろとやっていますが、いくつかご紹介をさせていただきます。

まずこれは平成24年に起きた竜巻の被害です。これはたまたま国総研のすぐ近くでこういう被害が起こったということで、いち早く駆けつけていろいろな調査をさせていただきました。先ほどのような調査研究にこの成果は活かしております。

—スライド（大雪による屋根崩落被害調査）—

それから今年の始めに大雪で屋根が崩落するというのがかなりの場所で起こりました。

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

国際活動: 日本の状況の国際規格への反映、基準改善の参考となる海外情報の収集等

- 各種のISO委員会への参画
 - TC59(ビルディング・コンストラクション)
 - TC92(火災安全)
 - TC98(構造物の設計の基本)
 - TC205(建築環境設計) 等
- 国際建築規制協力委員会(IRCC: 建築基準の性能規定化関係の国際組織)への参画

33

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

災害調査: 災害の原因を把握し、対策の検討、基準見直し等に活用

- 竜巻による建築物等の被害調査(H24.5つくば市、H25.9越谷市・松伏町・野田市)



34

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

- 大雪による屋根崩落被害調査(H26.2富士見市・三鷹市・青梅市)



35

これは多雪区域の対策というのは建築基準法でもいろいろとやっているのですが、多雪区域ではないこれまであまり大雪がなかったような地域でかなり雪が降って、しかもその後雨が降ってさらに重くなるという現象が起きたことが分かっております。これはいまの建築基準法の基準にこれを反映させるべく検討をしております。

—スライド（大雨による土砂災害における建築物被害調査）—

それから先ほどご紹介がございました8月に起きた災害ですけれども、我々は9月に入ってから、少し遅れてですが、現場に行きまして、先ほどご紹介のあった公営住宅などを調べました。建築基準法でも、土砂法に基づく警戒区域に建物を建てる時の基準というものがございます。それがいまのようなものでいいのか、何らかの見直しが必要なのかということ、こういった調査の成果を踏まえて検討をしたいと思っております。

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

▶ 大雨による土砂災害における建築物被害調査(H26.9広島市)



36

—スライド（地震による木造建築物等被害調査）—

これはお手元の資料にはなくて、きょうこのために追加しました。先週長野県の白馬村のほうに行ってきました、木造住宅がかなり全壊したということでこの調査をやって、いまその取りまとめをやっておりますが、技術基準の見直し等が必要かどうかということ、これからいろいろ分析していきたいと思っております。

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

▶ 地震による木造建築物等被害調査(H26.11長野県白馬村)



37

—スライド（省エネ法に基づく建築物・住宅の省エネルギー基準の見直しの検討）—

最後になりますけれども、これまでは一応防災・減災という分野での取り組みの紹介がほとんどだったので、我々は他の分野でもいろいろな活動をしておりまして、特に省エネルギー関係の取り組みというのは我々が力を入れてやっている分野の1つでございます。

△ 5. 研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動

省エネ法に基づく建築物・住宅の省エネルギー基準の見直しの検討

- ▶ 一次エネルギー消費量による指標導入: 公布(H25.1)、施行(非住宅:H25.4、住宅H25.10)
- ▶ 非住宅の外皮基準(PAL)の改正等: 公布(H25.9)、施行(H26.4)
- ▶ 引き続き、将来予定されている基準の義務化に向けて必要な検討を実施中

38

これは研究総務官からもご紹介があった話ともダブりますし、ごく簡単にスライド1枚だけで我々もやっているのだということだけをちょっと紹介させていただきます。この後、住宅研究部長の澤地部長のほうからこれに関しては非常に詳しい説明があると思いますので、そちらもお聞きいただければと思います。

スライドとしては以上です。我々は今ご紹介したとおり、いろいろな民間の方にご参加いただきながら、ある意味ではコーディネーター役を果たしながらいろいろな基準の整備をやっております。ちょっとスライドでは触れませんでしたけれども、パブリックコメントというような手続きでいろいろな技術基準の原案についてご意見をいただくということもございますし、検討にご参加いただいたり、あとは先ほど申し上げたとおりコンタクトポイントというものでご提案をいただくという仕組みもございます。

ぜひ我々の活動にご興味を持っていただいて、そういったご意見とかご提案などをどんどん寄せいただきますと、我々もニーズ応じた活動というものがさらに充実してやっていけることになると思いますので、ぜひそういった面での今後のご支援とか、ご協力を賜りたいということをお借りいたしましてお願いさせていただきます。

これで私の話を終わらせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。

【 参 考 文 献 】

- 1) 国土技術政策総合研究所，独立行政法人 建築研究所国総研資料 第 674 号 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告，2012. 3.
- 2) 国総研資料第 673 号「津波避難ビル等の構造上の要件の解説」建築研究部基準認証システム研究室，2012. 3.
- 3) 国総研資料第 751 号建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説建築研究部，総合技術政策研究センター，（独）建築研究所，2013. 9.
- 4) 木三学関係：木造 3 階建て学校の実大火災実験の実施
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20120126.pdf>
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20121105.pdf>
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20130925.pdf>
- 5) 災害拠点総プロ関係：「人命を守る」から「使い続けられる」構造へ 実大(高さ 19m)RC 造 5 階建て建築物損傷実験の公開(見学者の募集案内)
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20141014-1.pdf>
- 6) 技術支援活動関係：建築基準整備促進事業
http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/jutakukentiku_house_fr_000016.html
- 7) 技術支援活動関係：コンタクトポイント
http://www.icba.or.jp/cp/cp_top.html
- 8) 災害調査関係：竜巻

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h24tsukuba/h24tsukuba.pdf>

<http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h25koshigaya/130904tatumaki.pdf>

9) 災害調査関係：広島のと砂災害

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h26/140916hiroshima_kenchiku.pdf

10) 災害調査関係：長野県北部の地震

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20141127.pdf>

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h26/141126nagano_kenchiku.pdf

http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h26/141129nagano_juutaku2.pdf

3.4 防災都市づくりのための研究開発の最新動向と今後の展開 (都市研究部長 金子 弘)

ただいまご紹介いただきました都市研究部長の金子でございます。どうかよろしくお願いたします。

私からは「防災都市づくりのための研究開発の最新動向と今後の展開」という題で、今、都市研究部において防災・減災対策として取り組んでいる研究内容についてご紹介したいと思います。

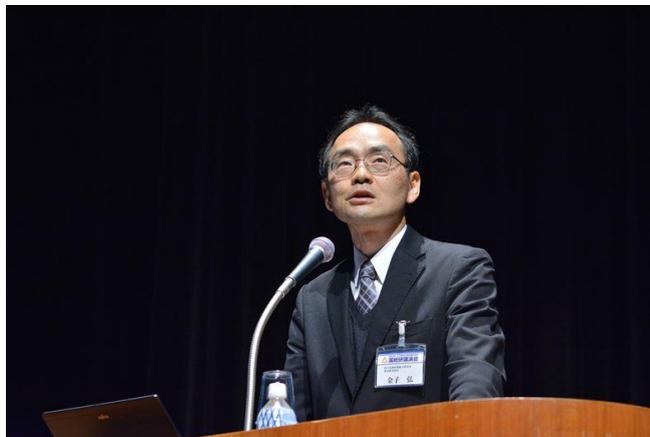


写真-7 都市研究部長 金子 弘

—スライド（東日本大震災の沿岸都市の被害と何回トラフ巨大地震の被害想定）—

平成23年3月11日に発生した東日本大震災では大規模な津波が発生し、大きな被害を受けたことは記憶に新しいところでございます。一方、平成24年8月に公表された南海トラフ巨大地震の被害想定においては、最も被害の厳しい状況を想定したものですが、この下の段にお示しするような甚大な被害が想定されているところでございます。

この2つの地震被害をこういう前提でいろいろ比較しておりますが、死者・行方不明者、あるいは建物被害といった項目をご覧くださいますと、東日本大震災では大きな津波被害があったわけですが、さらに南海トラフ巨大地震の場合にはそれを一桁上回るような非常に大きな被害が想定されている状況でございます。

防災都市づくりのための研究開発の最新動向と今後の展開

国総研 都市研究部長
金子 弘
平成26年12月3日

東日本大震災の沿岸都市の被害と南海トラフ巨大地震の被害想定

東日本大震災の被害と南海トラフ巨大地震の被害が最大になるケースとの比較

	マグニチュード ※1	浸水面積	浸水域内人口	死者・行方不明者	建物被害(全壊) ※2
東日本大震災	9.0	561km ²	約62万人	約18,800人※2	約130,400棟※2
南海トラフ巨大地震	9.0(9.1)	1,015km ² ※3	約163万人※3	約323,000人※4	約2,386,000棟※5
倍率		約1.8倍	約2.6倍	約17倍	約18倍

(出典)内閣府南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(第1次報告)追加資料(平成24年8月29日)
※1: 1内は津波のMw、※2: 平成24年8月26日緊急災害対策本部発表、※3: 堤防・水門が地震動に対して正常に機能する場合の想定浸水区域、※4: 地震動(陸側)、津波ケース(ケース①)、時間帯(冬・深夜)、風速(8m/s)の場合の被害、※5: 地震動(陸側)、津波ケース(ケース②)、時間帯(冬・夕方)、風速(8m/s)の場合の被害

—スライド（沿岸都市の防災構造化支援技術の研究）—

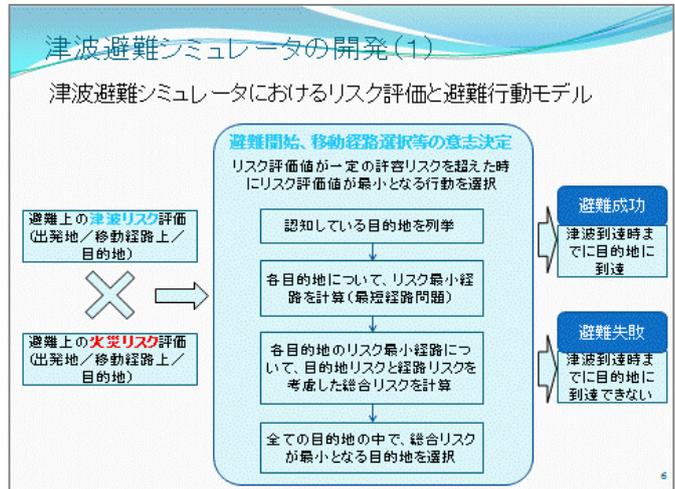
国総研といたしましては、この東日本大震災の被害を教訓として、さらに新たに想定されております南海トラフ巨大地震に備えるべく、新しい研究分野について精力的に研究を進めているところでございます。

本ご紹介する内容は、大きくは3点あります。まず、津波避難安全性向上のための市街地整備

なイメージがございますけれども、津波避難のシミュレータを開発しまして、まさに地形条件、あるいは道路、建物をコンピューター上で再現して実際にどのように津波からの避難が可能かということを検証していこうというものでございます。

—スライド（津波避難シミュレータの開発(1)）—

まずこの津波避難シミュレータの中身でございますけれども、今まで国総研においては市街地火災に関してマルチエージェント型の避難シミュレータを開発してございます。それをベースとしまして津波のリスク評価ですとか、津波の浸水しない目的地までどう到達できるかという観点を加えまして、それぞれ目的地、避難経路ごとに津波ですとか、あるいは火災に巻き込まれるリスクをそれぞれ評価して、そのリスクが最小になるような経路、目的地を選択するモデルを作ってございます。



—スライド（津波避難シミュレータの開発(2)）—

ここで津波避難のシミュレータの結果を1つご覧いただければと思います。

シミュレーション結果の例としてお示しているのは、典型的な沿岸都市の例でございます。後ろの山の中腹のほうに避難場所があり、地震後の津波の襲来までにそこにどのように避難できるかというものでございます。

現状における津波避難の状況をシミュレーションして動画でご覧いただきます。今日はかなり時間を短縮してご覧頂いていますが、このように避難が行われ、津波がこういうタイミングで襲ってくるということがわかります。左手の上のほうに設定された避難場所に向けて避難した方の一部は津波の到来までに間に合わなくて津波に巻き込まれるケースがあるというのが見て取れます。



—スライド（津波避難阻害箇所の想定と防災対策の改善効果の検証(1)）—

このような状況に対してどのような改善対策が必要か、その対策はどの程度効果があるのかということを検証していく必要があるわけです。いまのケースの場合には、山際のこういう避難経路が集まる場所や避難経路が狭い場所等に避難の方々がどうしても集中して渋滞してしまう結果がでて

います。避難場所が少なく、避難経路も限られていて集中するとそういったケースの場合に避難場所を複数用意するとか、避難経路を拡幅するなどして避難しやすくなる、そういう対策が必要で、その効果の確認も必要です。

—スライド（津波避難阻害箇所の想定と防災対策の改善効果の検証(2)—

いまの津波避難シミュレータを基に避難阻害解消のための対策効果のケーススタディを動画でご覧頂きます。左側が避難場所の整備のみ行ったもの、右側が避難場所のほか避難路の拡幅を行ったもので、この2つのシミュレータを同時に動かしてみます。

ご覧頂いたとおり、左側の避難場所の整備だけでは依然として渋滞により津波に追いつかれるケースがあり、右側の避難場所と避難路拡幅を一緒に行うことで津波に追いつかれることなく避難が成功することがわかります。

このシミュレータに関しましては、従来にない新しい取り組みとして、車による避難を付加した改良を進めておりまして、今年度中にこのシミュレータを完成させ、国の技術指針に反映したいと考えております。

—スライド（津波に対する防災拠点機能確保のための計画手法の開発）—

続きまして、津波に対する防災拠点機能確保のための計画手法の開発についてでございます。

—スライド（津波に対する防災拠点機能確保のための計画技術の開発）—

図の右側にお示ししておりますように、従来から取り組んでおります都市防災対策に加え、津波に対する被災時の都市機能の維持のため、

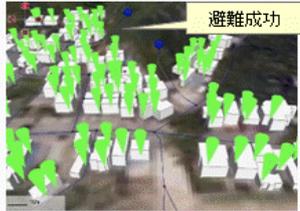
津波避難阻害箇所の想定と防災対策の改善効果の検証(1)

- 避難者の滞留、渋滞箇所の特定
- 避難阻害解消のための対策検討



津波避難阻害箇所の想定と防災対策の改善効果の検証(2)

- 避難阻害解消のための対策効果の検証



避難場所整備

避難場所整備 + 避難路拡幅

津波避難シミュレータとそれを用いた避難阻害箇所の解消のための市街地整備計画手法を取りまとめ、その成果を国の「防災都市づくり計画策定指針」等の技術指針に反映

津波に対する防災拠点機能確保のための計画手法の開発

津波に対する防災拠点機能確保のための計画技術の開発

背景・目的 将来の巨大地震で被災の恐れのある沿岸都市における防災構造化の促進 (津波防災まちづくり)

◆ 充実を図るべき都市防災対策の内容

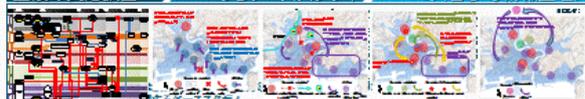
- ✓ 宅地の地すべり対策
- ✓ 市街地不燃化
- ✓ 防災空間確保
- ✓ 住民の迅速・円滑な避難
- ✓ 被災時の都市機能の維持

従来より実施中 (新規に実施(事項立て))

津波被災時に、防災拠点機能を維持・発揮するための防災都市づくりの手法を検討 → 手引き案を作成して配布 → 市町村整備局

研究の流れ

H24 被災都市における防災拠点機能の喪失・回復の実態調査 → H25 南海トラフ津波被災想定2都市におけるケーススタディ → H26 追加ケーススタディと手引き案のとりまとめ(含参考情報整理)



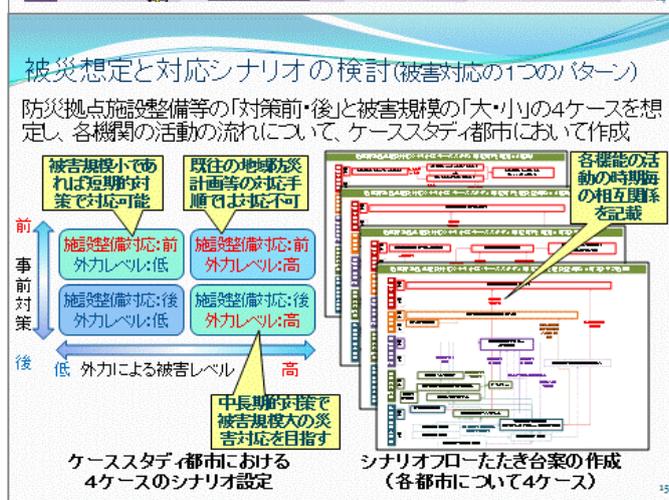
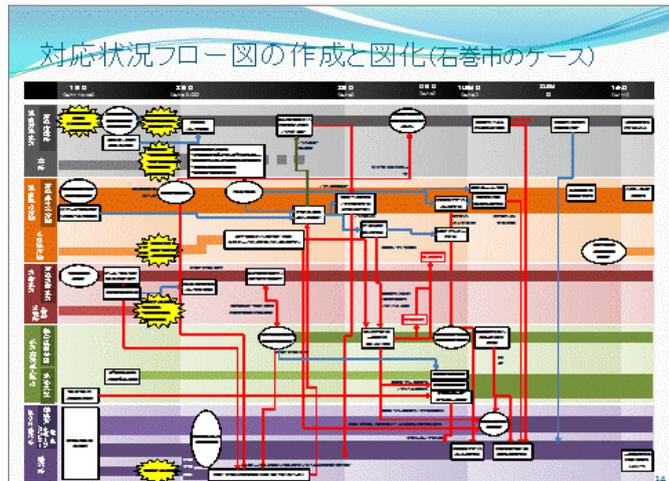
見てどのように機能させたかをフロー図にしております。

初日の段階ですと、津波に浸かって災対本部や病院、消防署の一部が機能できなくなった、移転が必要であったなど、そのような問題にどう対応したかというものを、これは1つの事例でございますけれども整理しております。

—スライド（被災想定と対応シナリオの検討）—

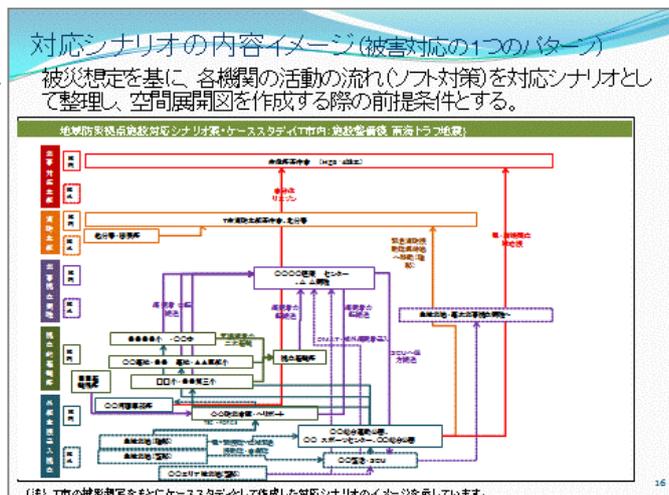
今後の南海トラフ巨大地震に備えた対応シナリオについては、各地方公共団体においてそれぞれ検討されているかと思いますが、個々の機能別ではなく、全体を総覧できるようなそういう対応シナリオを検討する必要があると考えております。

ここでは左側の模式図にありますように事前の防災対策に時間がかかるようなケースがございますので、防災対策が完了する前に地震や津波が襲ってくるケースと、それから防災対策が講じられた後に津波が襲ってくるケース、そういう2つのケースに加え、外力による被害のレベルとして、2段階外力と多重防御・減災の考え方から、外力レベルが大きいレベル2の段階、あるいはレベル1の段階との組み合わせで全体を4通りに分けて、それぞれどのようなシナリオが必要かということをもとめていくということを提案してございます。これにより、この後のそれぞれのボトルネックになるような弱点を探ろうというものでございます。



—スライド（対応シナリオの内容イメージ）—

対応シナリオの内容のイメージとして、これはケーススタディを行いました南海トラフに面したある都市の例でございます。それぞれの防災上の機能が、防災対策本部を中心に、それから消防、救命救急、避難所、外部の支援がどのように連携して働く必要があるという前提でございます。

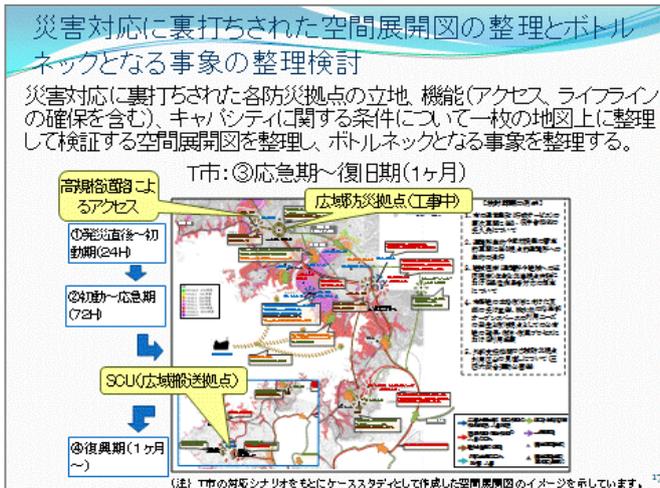


—スライド（災害対応に裏打ちされた空間展開図の整理とボトルネックとなる事象の整理検討）—

このような対応シナリオを基に、実際の各防災拠点の立地、あるいはそれぞれのアクセスのほか、スペース的なキャパシティに関する条件がどうかというものを空間展開図として地図上に落としてボトルネックとなる事象を整理することを提案しております。

このケースの場合、北側のほうから高規格道路のアクセスが確保できるという前提で、防災の広域拠点についてここはまだケースとしては整備が追い付いていないという厳しい状態のケースでございますが、3日後以降の応急期から1か月後の復旧期までの間どのような対応がそれぞれ防災の対応として必要なのかということを整理したものです。実は下のほうに空港がありまして、空港の傍にSCU（広域搬送拠点）を設けまして、医療の機能をこちらで連携しまして、圏域外との広域搬送を行うという要素を盛り込んでおります。

そういう中で、この赤色のところが津波浸水域でございますけれども、こういった中で市の通常業務の再開に伴う仮庁舎機能の受け入れ先の確保や避難所の集約、地域医療体制の再建等いろいろな問題があると、そういったボトルネックとなる事象を明らかにしたというものでございます。



—スライド（災害対応シナリオ・空間展開図を元に検証）—

この検討を行うにあたりまして、関係する地方整備局、県、それから地方公共団体の方々、その際に防災部局のみならず土木、街づくり、そういった関連部局全員に集まっていたいで、それぞれの部局で想定されているBCPの計画や、それに対応したこういった問題・課題というものがボトルネックとしてどこに、どういものがあるのか実地に意見交換を行っております。

こうすることによって、今まではなかなか多機関にまたがる実質的な情報交換の場はなかったが、こういう会議が行われたというのは非常に意義があるというようなコメントもいただいているところでございます。

緩い砂地盤を中心に、平常時はこのような形で砂の摩擦で安定した地盤となっています。

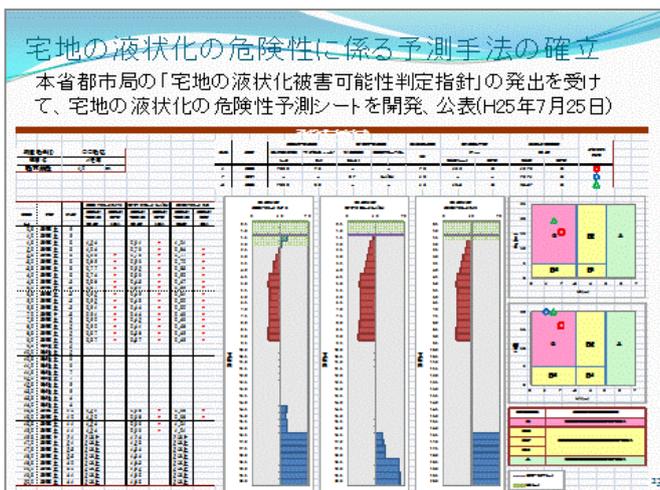
ところが、地震の振動により繰り返しせん断力を受けそれが崩れると、その際に間隙水圧という地下水の圧力が一時的に上昇し、砂粒子間の摩擦力を越えると中央の図のとおり砂粒子間の噛み合わせが外れて液状化した状態となるこういうメカニズムでございます。

これらの原因となっている地下水位を下げるとか、あるいは地中壁を設けることによりせん断変形を抑えるなどの対策を講ずることにより液状化を防ぐ効果がございます。

—スライド（宅地の液状化の危険性に係る予測手法の確立）—

これは液状化の危険性の予測ということで、国総研で開発した「危険性予測シート」で、ございます。国総研のホームページで公表し、ダウンロードできるようにしております。

ボーリング調査などで得られたさまざまな地層の地盤に関するデータを、例えば地下水位、それから想定される地震動やボーリング調査等から得られた土質やN値等を入力することで、中ほどの図にお示しするようにどの深さで、どのように液状化が起こる恐れがあるかということ判定することができるようにしてございます。



—スライド（主要な液状化の対策工法の特徴と課題）—

一方、その対策工法としてすでに建物が建ってしまっている宅地の中で施工可能で有効と思われる工法を2つ絞り込んでございます。地下水位を低下させる工法、それから格子状地中壁の工法があり、それぞれ施工可能性やコストに関する特長のほか、施工に伴う圧密沈下の副作用等の課題があります。こういったことを念頭に対策工法の適応を考えていくわけです。

主要な液状化の対策工法の特徴と課題

国総研では、東日本大震災の被災宅地の液状化対策工法の選定と、液状化対策の効果予測のためのツール開発を実施。既存宅地に適用可能で効果が期待できる工法が、2つに絞り込まれた。

	地下水位低下工法	格子状地中壁工法
特長	<ul style="list-style-type: none"> ・工事は、公共施設(道路)の区域だけで可能。 ・自然流下による場合は、メンテナンスコストも少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・粘土層の圧密沈下の心配が低い。 ・メンテナンスコストが低くない。
課題	<ul style="list-style-type: none"> ・下部の粘土層が厚いと圧密沈下の副作用がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・工事が大がかり。 ・戸建て住宅地での実績がない。(大区画の格子) ・技術的課題がある。(コスト、施工機械の小型化)

—スライド（被災宅地の液状化対策工法の確立（地下水位低下工法））—

地下水位の低下工法は住宅地の道路部分に地

被災宅地の液状化対策工法の確立（地下水位低下工法）

地下水位低下工法は、住宅地の道路部分に地下水を浸透・流下させる管路などを埋め込み、地下水位を下げ、地盤面下敷メートを非液状化層にする工法。

- ・地下水位低下工法は、わずかな地下水位低下でも大きな液状化抑制効果が得られる場合がある。
- ・しかし、「下部粘土層の圧密沈下」の副作用がある。

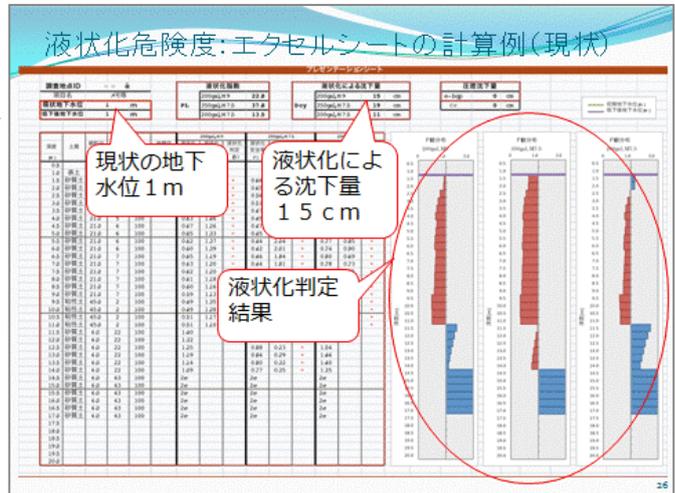
何メートル下げれば有効か？
圧密沈下は、どの程度か？

この計算をする簡易計算シートを開発

下水を浸透・流下させる管路等を埋め込み地下水位を下げ非液状化層をつくる工法で、わずかな地下水位の低下で大きな液状化抑制効果が得られる場合がありますが、一方で圧密沈下といった副作用が発生する恐れがあります。

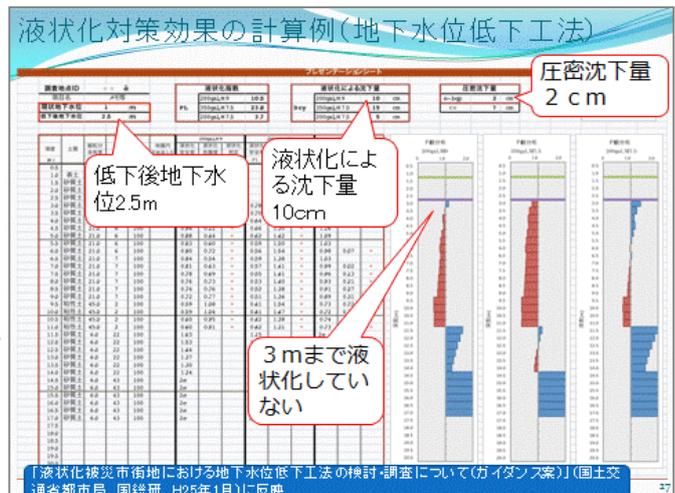
—スライド（液状化危険度：エクセルシートの計算例（現状））—

このため、いったいどの程度地下水位を下げれば液状化の対策として有効であるのか、あるいはその際に圧密沈下がどの程度になるのかということを計算シートで事前に予測しておくというものでございます。この計算シートの例では、左上のほうですけれども地下水位が1mという状況において、右側に赤くお示しするように液状化はこのような深さで起こってしまう恐れがあるというものでございます。



—スライド（液状化対策効果の計算例（地下水位低下工法））—

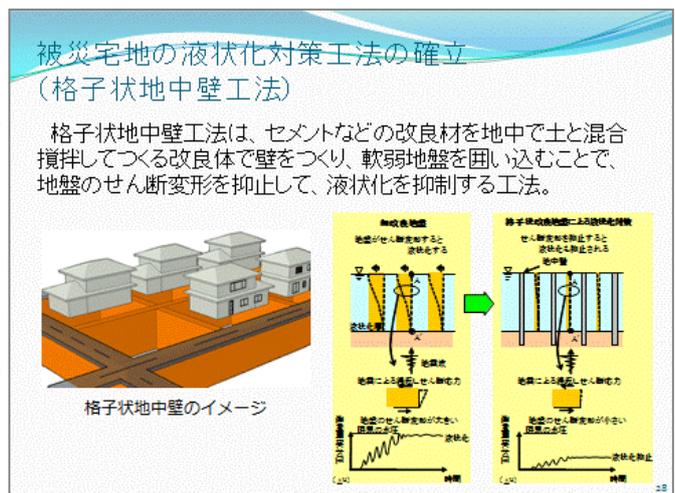
こちらのシートの左上にお示しするとおり、地下水位を2.5mまで下げた場合には、右側の図にお示しするとおり全体に液状化しにくくなり、深さ3mまでの表層部までは液状化せずに戸建て住宅であれば影響がないのではないかと、そういう効果が明らかになるというシステムでございます。



—スライド（被災宅地の液状化対策工法の確立（格子状地中壁工法））—

既成市街地におけるもう1つの有効な対策工法として格子状地中壁工法をお示ししています。

格子状地中壁工法は、セメントなどの改良材を地中で土と混合攪拌してつくる改良体で地中壁を地盤の中に構築することで、地盤のせん断変形を抑制し液状化を防ぐ工法でございます。既成市街地の場合には、すでに住宅がこのよう

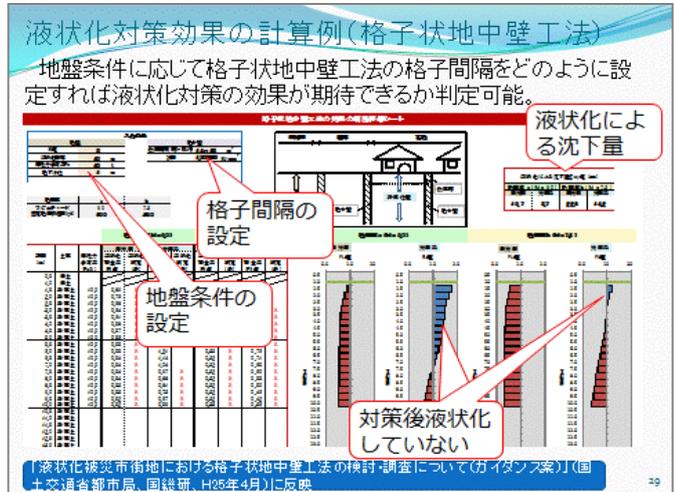


に建っておりますので、敷地割や道路と建物との関係等の制約があり、格子状地中壁の間隔をどのように設定するかということが大きな課題になっております。

—スライド（液状化対策効果の計算例（格子状地中壁工法））—

そのため、格子状地中壁をどのような間隔で入れることにより液状化対策として効果があるかどうかについて、このような計算シートの中で、左上にありますように格子間隔を設定するとそれぞれせん断変形がどう抑制され、対策後はこのように効果が期待できるか予測できるものでございます。

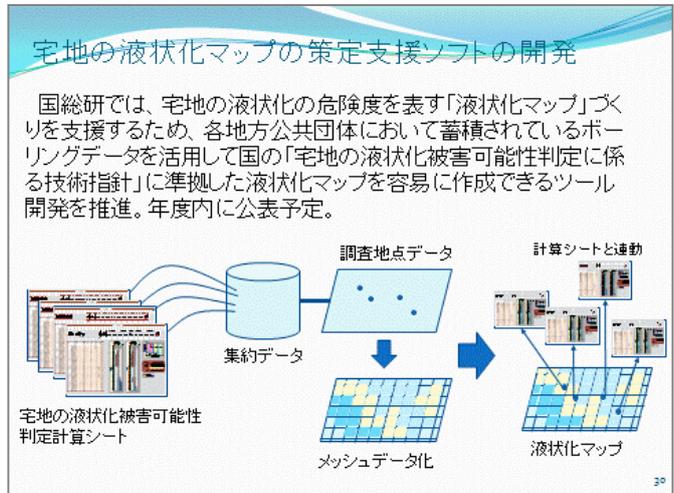
この国総研シートは国土交通省のガイダンス案に反映され、国総研のホームページで公表し、ダウンロードして使って頂けるようにしております。



—スライド（宅地の液状化マップの策定支援ソフトの開発）—

さらに、私どもは現在、宅地の液状化マップの策定支援ソフトの開発を進めております。これは、それぞれの地方公共団体が保有しているボーリングデータを基に液状化の危険度を示すマップを容易に作成できるものです。

先程説明致しました液状化の危険性予測シートを基に、その予測判定した結果をこういうメッシュデータの中に落とし込むことによって、液状化マップとして見ることができ、ポイントをクリックすることで各ポイントの詳細データも見ることができるようなそういうシステムを開発中で、年度内に公表したいと考えております。



—スライド（残された課題と今後の展望）—

以上、津波避難や防災拠点確保、液状化対策の3点にわたって進めている研究成果についてご紹介致しました。今年度までの研究課題です

- 残された課題と今後の展望
- 津波避難シミュレータは、実際の避難行動の再現が目的ではなく、避難阻害要因を抽出し、改善効果を検証するツールの一つ。
→さらに、避難行動の再現性を高めていく。
 - 防災拠点機能確保の計画手法は、防災対応に裏打ちされた津波防災都市づくりの実践的な計画手法として確立。
→さらに、各地の取り組みの中でボトルネックとなる事象の検証方法等について精査。
 - 宅地の液状化危険性予測から対策工法の効果予測までツール開発はほぼ完了。
→今後、液状化マップの展開により、所要の予防的な液状化対策の展開を支援。

ので、なおこのようなまだ残された課題があり、今後これらの研究成果の普及、活用に取り組んでいきたいと考えております。

さらにこのような研究成果が活用され、これからの防災対策が積極的に展開されていくことを祈念しております。

どうもご清聴ありがとうございました。

【 参 考 文 献 】

- 1) 岩見達也、竹谷修一：津波と火災を考慮した複合災害避難シミュレーションツールの開発、日本建築学会 第 37 回 情報・システム・利用・技術シンポジウム 論文集，日本建築学会，2014. 12.
- 2) 木内望 (Nozomu Kiuchi)：Studies on the Urban and Local Level Securement of Disaster Preparedness Functions of Coastal Cities and Towns after the Great Tohoku Earthquake 国際都市計画シンポジウム、日本都市計画学会，2012. 8.
- 3) 木内望、竹谷修一、岩見達也、勝又済、他：東日本大震災の津波被害を中心とした被災都市における防災拠点機能の喪失と回復の実態、東日本大震災 2 周年シンポジウム（一般講演）梗概集、日本建築学会，2012. 3.
- 4) 東日本大震災による液状化被災市街地の復興に向けた検討・調査について、国土交通省都市局・国土技術政策総合研究所，2012. 4.
- 5) 液状化被災市街地における地下水位低下工法の検討・調査について，国土交通省都市局・国土技術政策総合研究所，2013. 1
- 6) 液状化被災市街地における格子状地中壁工法の検討・調査について，国土交通省都市局・国土技術政策総合研究所，2013. 4.
- 7) 市街地液状化対策推進ガイドンス、国土交通省都市局都市安全課，2014. 3.

3.5 2050年に向けた建築分野における温室効果ガス排出低減の鍵 (住宅研究部長 澤地 孝男)

皆さん、こんにちは。澤地と申します。

きょうはこういうタイトルで、ちょっと長期的な面も含むのですけれども、あと36年後ですけれども、2050年に向けた温室効果ガス、建築分野における低減をどうしたらいいかということについて、国総研の住宅研究部として1つ提案というか、考えているところがございます。そういうお話をしたいと思っております。



写真-8 住宅研究部長 澤地 孝男

—スライド(1. 現状)—

まず現状なのですけれども、左側が日本全体の主たる部門、産業部門(工場等)とか、運輸部門、主として自動車、それから下に2本ありますけれども、このうち太いほうは業務部門と言いましてオフィスビルであるとか、デパートであるとか、病院であるとか、学校であるとか、そういう種類の建物で、非住宅、住宅以外という呼び方もありますけれども、こういう建物で使われているエネルギーです。それからいちばん下が4つの部門を比べるといちばんエネルギー消費量が少ないのですが、家庭部門という、住宅におけるエネルギー消費量ということになっております。

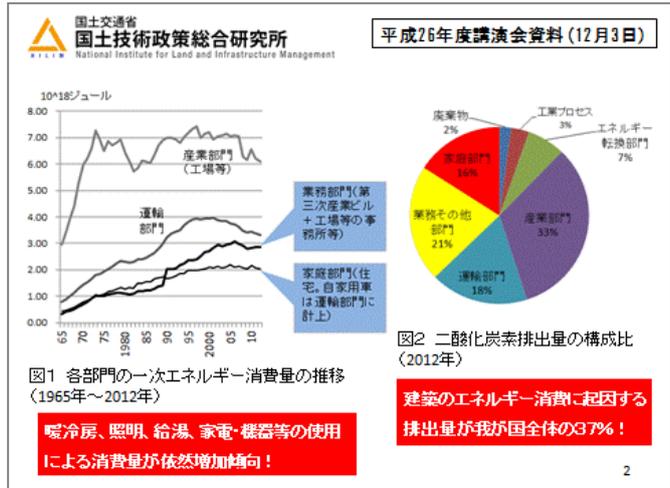
この4本を見ますと、産業部門というのは、軸の数字がお読みいただけるか分かりませんが、1973年ぐらい、ちょうど73年というと第一次石油ショックが起こった年ですけれども、その頃から増えたり減ったりしていますけれどもほぼ横ばいでございます。

それから運輸部門はずっと伸長してきまして、1995年ぐらいまで単調増加だったのですけれども、2000年辺りから減り始めているという傾向があります。

一方、われわれが関係している建築の中におけるエネルギー消費量というのは大きく見ると増加

傾向にある。少し頭打ちになってきているところが見て取れますけれども、増加傾向にあると。これの今後の話をさせていただくわけなのですが、実は 2050 年にはちょうどこのグラフの右端の状態から、二酸化炭素排出量で 8 割減らさないといけないという、こういう状況でございます。

右側の二酸化炭素排出量の現在の構成比ということで、赤が住宅で、黄色い部分が業務ビルということですが、合わせて日本全体の 37% を現状で占めております。



—スライド(2. 直近の動向・対応)—

直近の動きなのではございますけれども、日本再興戦略というものが2013年6月に立てられました。下のほうから見ていただきたいのですが、ここでは一部分抜粋しましたけれども、「2020年までに新築の建物について段階的に省エネルギー基準への適合を義務化する」と。今までは、現状でも、義務ではないのです。届け出が義務であるとか、あるいは基準をクリアしていない著しく乖離している場合には、いろいろな対応がなされておりますけれども、基準適合はまだ義務ではないのです。2020年までにはすべての新築建物で義務化をしましょうということが書かれております。

上のほうを見ていただきますと、今年の6月ではございますけれども、その後の進捗状況について書かれている文章というように思われますけれども、そういう省エネ基準の義務化に向けた改正、それから普及促進などへの環境整備を進めている状況であるという、こういう国としても建築部門の省エネルギー対策について取り上げ、位置づけているということでございます。

国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

2. 直近の動向・対応

国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

日本再興戦略(2013年～)における位置づけ:

日本再興戦略改訂2014-未来への挑戦- 2014.6.24
「2020年までの段階的な新築住宅・ビルの省エネ基準への適合義務化に向け、省エネ基準改正及びその普及促進などの環境整備を進めた。」

日本再興戦略 2013.6.14
「規制の必要性や程度、バランス等を十分に勘案しながら、2020年までに新築住宅・建築物について段階的に省エネ基準への適合を義務化する。」

4

—スライド(エネルギー基本計画)—

またエネルギー基本計画というものがございまして、これも今年の4月に改訂をされましたけれども、類似の

ことが書かれております。

下のほうを見てくださいと、ちょっと長いのでかいつまみますが、アルファベットでZEBとか、ZEHという言葉が入っていますけれども、これはゼロ・エネルギー・ビル（ZEB）、ゼロ・エネルギーハウス（ZEH）の略ですけれども、こういったものに新築建物は2020年とか、2030年の段階であるのだという。今ではまだとても想像できない目標が掲げられているのですけれども、何となくピンとは来ませんけれども、これはかなり差し迫ったことでありまして、また技術者として、あるいは産業界として実現をしないとイケないというような状況にあります。

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

エネルギー基本計画(2014年4月)における位置づけ:

「省エネルギー性能の低い**既存建築物・住宅の改修・建て替え**や、**省エネルギー性能等も含めた総合的な環境性能に関する評価・表示制度の充実・普及**などの省エネルギー対策を促進する。」

「建築物については、**2020年までに新築公共建築物等で、2030年までに新築建築物の平均でZEB(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル)を実現することを目指す**。また、住宅については、**2020年までに標準的な新築住宅で、2030年までに新築住宅の平均でZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ハウス)の実現を目指す**。」

5

—スライド（国総研におけるこれまでの研究開発の取り組み）—

これは簡単に説明しますが、国総研は平成13年にできまして、それ以後国総研で関連する研究・プロジェクトとして、どのようなものやってきましたかという代表的なものを書かせていただきました。

特にいちばん最初の総プロ「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発」をつうじてわれわれ1つのことに気が付いたわけです。

ある点に留意をしないと、実際に実効性のある省エネ建築技術の開発ができないということに気が付きまして、それをきょうかいつまんでお話をさせていただきたいと思っています。

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

国総研におけるこれまでの研究開発の取り組み:
(代表的なもの)

- H13-16 総プロ「エネルギー自立循環型建築・都市システム技術の開発」
- H16-18 総プロ「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発」
- H17-19 事項立て「既存住宅の省エネルギー性能向上支援技術に関する研究」
- H20-22 事項立て「業務用建築の省エネルギー性能に係る総合的評価手法及び設計法に関する研究」
- H22-24 事項立て「住宅種別に応じたエネルギーの消費性能評価法の開発」

6

—スライド（建築物の省エネルギー基準等の整備の経緯）—

このスライドは建築物の省エネルギー基準等の整備の経緯ということで、やや込み入ったスライドなので簡単に説明をしたいと思うのですが、平成11年(1999年)、今から15年前に住宅については次世代省エネルギー基準という、これはいまでもあるいは当面今後も使うことのできる、依拠しなければいけない住宅の断熱基準ができました。それからビルのほうは

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

建築物の省エネルギー基準等の整備の経緯:

- H11 平成11年基準(次世代省エネルギー基準)の施行
基準強化(住宅:壁内充填+複層ガラス、ビル:PAL値及び設備効率基準の強化)
- H21 住宅を対象としたエネルギー消費量を尺度とした基準の創設(新告示:住宅事業建築主の判断の基準) ※H13以降の研究開発成果の反映。現在も運用中。
- H24 建築物の低炭素化の促進のために誘導すべき基準の施行
ビル及び共同住宅を含む住宅を対象としたエネルギー消費量を尺度とした基準の創設
- H25 住宅及びビルの省エネルギー基準の抜本的改正
※H13以降の住宅及びH16以降の非住宅建築物に関する研究開発成果の反映。
国総研協力の下、建築研究所を通じ、一次エネルギー消費量及び外皮性能に関する評価プログラムの提供開始。
- H27.4 → 改正省エネルギー基準の完全施行(住宅、300㎡以上のビル対象) 7

どうなっていたかといいますと、この平成 11 年の時点でいくつかの指標について強化がなされました。

国総研ができたのが平成 13 年ですから、その 2 年前にできているのですがけれども、国総研が平成 13 年以降、いろいろな方々と協力をさせていただいて、産業界、学界、それから独法関係と協力をさせていただいて、いろいろと研究をいたしまして、これはかなり専門的な方でないとご存じないかもしれませんが、平成 21 年に新しい告示ができたのです。住宅事業建築主の判断の基準というものののですけれども、ここに平成 13 年以降の研究開発成果が反映されました。

現在もこの告示は運用中でございますけれども、これの特徴は冒頭藤田研究総務官からもご紹介いただいたのですけれども、エネルギー消費量そのもので建物の省エネルギー性能を評価する、これは当たり前のようなのですけれどもこれがなかなかできなかったのです。これが国の基準に初めてなったのが平成 21 年。

ただし、これはある一定規模以上の戸建ての建売事業者のみに限定した基準だったのですけれども、これが下から 2 つ目の黒丸で平成 25 年、これも冒頭でご紹介いただいたのですけれども、省エネルギー基準ということで全面的に一次エネルギー消費量、それからもちろん外皮性能に関する評価というもの、特にこの一次エネルギー消費量による建築物のエネルギー性能の評価というものが、実際国の基準になったというのが重要でございます。

一スライド（住宅・建築物の省エネルギー基準及び低炭素建築物の認定基準に関する技術情報）一

プログラムなのですけれども、建築研究所のホームページから入っていただいて使うことができます。国総研も協力をさせていただいております。

これは入っていただいたところの画面になりますけれども、例えば住宅のエネルギー消費量の計算であればこういう画面に行きまして、暖冷房エネルギー消費量であるとか、換気のエネルギー消費量であるとか、照明であるとか、給湯であるとか、あるいは太陽光発電、あるいはコージェネレーションによる発電量の評価も可能ですし、ちょっと隠れていますけれども、家電によるエネルギー消費量も研究成果が反映されております。左下は外皮性能ですね。右側は建築物ですけれども、用途別にエネルギー消費量の計算をすることができますし、右下の画面

住宅・建築物の省エネルギー基準及び低炭素建築物の認定基準に関する技術情報
省エネルギー基準（平成25年1月公布）及び低炭素建築物の認定基準（平成24年12月公布）の告示に沿った計算方法（プログラム等）
独立行政法人建築研究所（協力）国土交通省国土技術政策総合研究所

掲載内容一覧

- はじめに
- 更新履歴
- 計算支援プログラム及び補助ツール
 - 住宅に関するプログラム
 - 非住宅建築物に関するプログラム
- 計算支援プログラムの解説
 - 住宅に関するプログラムの解説
 - 非住宅建築物に関するプログラムの解説
- 基準の解説及び参考資料（補遺等を含む）
 - 住宅・建築物共通事項
 - 住宅に関する事項
 - 非住宅建築物に関する事項
- 参考情報
 - リンク
 - サポート

住宅の一次エネルギー消費量計算

非住宅建築物の一次エネルギー消費量計算

住宅・住戸の外皮性能計算プログラム
Version 2.0
住宅の外皮性能計算

PAL = 算定用W/E 計算プログラム(試用版)
非住宅建築物の外皮性能計算

8

で外皮性能の計算もすることができます。

—スライド（建築物の省エネルギー基準に準拠した評価方法：（計算プログラム解説書…））—

このプログラムのマニュアルに関しましては、国総研資料として公表されておりましたが、ここに羅列をさせていただきましたけれども、国総研のホームページからダウンロードをしていただいて、プログラムを使っていただくことができるようになっております。

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

建築物の省エネルギー基準に準拠した評価方法：
（計算プログラム解説書の国総研資料としての公表）

1. No.701「低炭素建築物認定基準等関係技術資料、一次エネルギー消費量算定プログラム解説(住宅編)」、2012.12
2. No.702「同(建築物編)」、2012.12
3. No.761「平成25年省エネルギー基準等関係技術資料、一次エネルギー消費量算定プログラム解説(住宅編)」、2013.11
4. No.762「同(非住宅建築物編)」、2013.11
5. No.763「同(非住宅建築物の外皮性能評価プログラム解説)」、2013.11
6. No.764「同(主要室入力法による非住宅建築物の一次エネルギー消費量算定プログラム解説)」、2013.11
7. No.765「同(モデル建物法による非住宅建築物の外皮性能及び一次エネルギー消費量算定プログラム解説)」、2013.11

9

—スライド（建築物の省エネルギー基準に準拠した評価方法：（評価ロジックの公表））—

それから、今回の1つの大きな特徴は、評価ロジックを全部公表しているということです。評価ロジックを書けないようなブラックボックスは残さないというのが徹底した考え方でございまして、その評価ロジックをホームページにもう相当部分載っておりますけれども、便利を考えまして国総研・建研の監修でこういう2つの冊子が出版されています。

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

建築物の省エネルギー基準に準拠した評価方法：
（評価ロジックの公表）



※国総研・建研監修、平成25年住宅・建築物の省エネルギー基準解説書編集委員会編

10

左側が業務ビル、右側が住宅です。600ページと1,000ページというかなり大部のものでございますけれども、数式が主になってしまっておりまして専門家以外は見えていただく必要はむしろあまりないのですけれども、申し上げたいことはどう評価するかということはもちろん透明化を図るべきということで、私の発表のタイトルに最後に「鍵」と入っておりますけれども、鍵の1つ重要なポイントは評価を透明化するというごさいます。

—スライド（実務者のための任意の設計ガイドライン）—

いまの話は基準の側の、評価をする側の、あるいはその行く先々の義務化の評価ツールというようなお話をしましたけれども、そういう非常にかっちりとしたというか、隙のないもの、それから評価の手間などを考えますと余計なこ

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

実務者のための任意の設計ガイドライン：
（内容の更新と、建築士会、建築家協会等の団体による講習会の実施）



温暖地版(2005年) 炎暑地版(2010年) 準寒冷地版(2012年)

※今後は、温暖地版等の改訂、集合住宅版及び事務所建築物に関するガイドラインを出版する予定。

11

とは入れられませんので、そういうところではどうしても捨象されてしまうノウハウというものをもう少し自由な形で分かりやすく建築の実務者に伝えたいということで、ガイドラインというものを作っております。

いままで主として戸建て住宅について3冊作っております、左側が日本において人口が最も多い関東から九州の上半分までの温暖地域についてのものでございます。

真ん中が九州の南、四国の南、それから沖縄を対象にしました蒸暑地版でございます。これは人口はそんなに多くないのですけれども、われわれちょっと野望がございまして、その先には東南アジアという非常に広大なもの凄い人口を有していて、しかもこれから人口が増えていく地域がありまして、幸いなことに日本にはそういう地域の気候と似た地域があるので、そういう地域のためにもやはりこういう実務者向けのガイドラインは作っておこうと。これは実は全部英訳をさせていただきます。そういったものを作りました。

それから最後に右側にありますけれども、寒冷地版のガイドラインを作りました。これはいちばん最後にしたのは、もともと日本の住宅の省エネルギー率は寒冷地に発しております、寒冷地の実務者の方々へのヘルプというのはどちらかと言うと相対的に必要性がない……、ないということはないのですけれども、低いと考えたためです。

そういうことで温暖地、蒸暑地、準寒冷地という順番で作らせていただきました。

あと5分ぐらいで終えたいと思いますので、もう少し我慢をしていただきたいと思います。

—スライド（省エネ性能に係る評価及び設計の最重要点）—

省エネ性能に係る評価・設計の最重要点ということで、これは「鍵」にちょっと関係することなのですけれども、5点ほどにまとめました。

かいつまんでお話ししますと、まず何よりも大事なのは、例えば民間の技術者が省エネ技術を開発したといったときに、意外とその技術がきちんと定義されていないことが多いのです。例えば断熱技術というと分かりやすいのですけれども、もっと複雑な省エネルギー技術が世の中にはたくさんあります。そういったものが定義が明確になっていないと、臨機応変に使うこともできないし、基準で評価することさえできないのです。

ということで、まず第一にこれはどちらかと言うと省エネ技術を開発される民間の技術者に向けて申し上げたいのですけれども、定義を明確にするということです。明確にしていきますと何に行き着くかと言うと、1例を挙げるとJIS規格に行き着きます。逆に言いますと、規格のようなものがまだない技術というのはまだ中間点にいるといっても過言ではないわけでございます。

2番目はちょっと省略をいたします。
3番目ですけれども、この一次エネルギーであるとか、CO₂排出量の算定ロジック、これの技

省エネ性能に係る評価及び設計の最重要点:

1. 要素技術(例えば、「断熱」「熱源効率向上」…)の定義を明確にすること。
2. 要素技術の省エネ効果に関する評価方法を明確にすること。
3. 一次エネルギー消費量や二酸化炭素排出量等の尺度の算定におけるロジックを明確にすること。
4. 一次エネルギー消費量や二酸化炭素排出量等の尺度の算定の精度(実際との一致度)を高めること。
5. 優れた基準及び規格(どちらも英訳ではstandard)の整備。これなくして、技術の普及は困難。

術を開発するとともに明確にしておかないといけない。明確にするということはどういうことかという、その技術によってなぜエネルギーが減るのかというそのロジックですね、その説明をきちんとしなければいけない。これはごく当たり前のことですがけれども、意外となされていないのです。ある1例のケーススタディの実験で、従来のものとこの技術を適用したものとでこれだけ減ったというような、そういう証左をお持ちの方はたくさんいるのですけれども、この汎用性のあるロジックというものを用意をいただくということがなかなか簡単なことではございません。

それから4番目に、その評価ロジック、評価方法が実際と一致していないといけない。実際に人が住んで使われたときの建物のエネルギー消費量と、一致度が満足できるものでないといけないというそういうことです。言葉を変えると、その技術の実効性があるということを裏付けておかないといけないということです。

5番目に基準と規格。基準というのはいままでどちらかというと公的機関、国の側が作るものであって、規格と言うのは産業界、民間が作るものなのですからけれども、でも不思議なことにもどちらも英訳すると standard なのです。よくよくいろいろ突き詰めると、これらは基本的に本質的な違いはないのではないかとというように思われます。これなくしては、技術の普及は困難であると言っても過言ではないというように思います。

—スライド（3. 中長期的対応の展望）—

さて、あと2分ぐらいになってしまいましたけれども、最後に中長期的な対応の展望ということで、国内外の状況について説明をいたします。

—スライド（わが国の温暖化対策の中長期的展望）（温室効果ガスを2050年までに世界全体で半減、先進国全体で80%削減）—

これはわが国の温暖化対策の中長期的展望ということでございます。一番上の赤い字で書きましたけれども、昨年11月に安倍総理は改めて2050年までに世界全体で半減、先進国、日本もそうですけれども80%削減を目指すという、原子力発電所の事故、原発の停止、こういう逆



国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

3. 中長期的対応の展望 (国内外の状況)



国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

わが国の温暖化対策の中長期的展望:

美しい星への行動(攻めの地球温暖化外交戦略) 2013.11
 「**温室効果ガスを2050年までに世界全体で半減、先進国全体で80%削減を目指すという目標を改めて掲げ**、安倍総理が掲げた美しい星を実現するため、今こそ『行動“アクション”』が必要とされている。」

環境エネルギー技術革新計画 2013.9.13 総合科学技術会議
 「**IEAのエネルギー研究技術委員会(CERT)と協力し**、将来的な見通しに関する分析・政策提言や、国際協力プロジェクトに積極的に貢献する。」
 「**短中期(2030年頃まで)では、既存技術の向上と普及が重要**である。製造・運輸・民生部門において、徹底的な省エネルギーにより、超高効率なエネルギー利用社会の実現を図る。」

14



国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

平成26年度講演会資料(12月3日)

温室効果ガスを2050年までに世界全体で半減、先進国全体で80%削減:

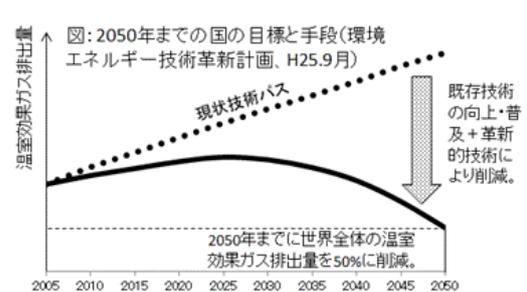


図: 2050年までの国の目標と手段(環境エネルギー技術革新計画、H25.9月)

15

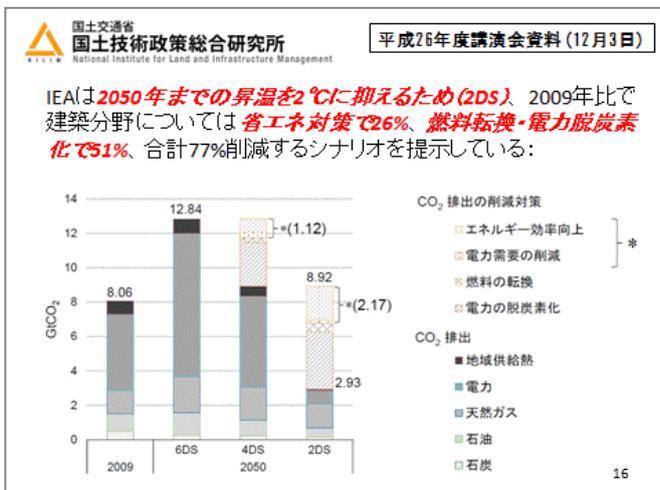
境の中においても長期的には 80%削減ということを改めて明言をされております。

—スライド（IEA は 2050 年までの昇温を 2℃に
押さえるため…）—

これは環境エネルギー技術革新計画、平成 25 年 9 月に出されたものでございますけれども、そこにあった図を簡略化したしました。冒頭にお見せした CO₂ 排出量あるいは一次エネルギー消費量の時系列データは 2050 年にわたって、こういうようにならないといけないという状況にあるわけです。これは世界全体で 50%削減させるということです。先進国はこういう状態でございます、これは建築部門だけについて IEA が取りまとめている展望ですけれども、いちばん左端が 2009 年、現時点だと思っただいて、左から 2 番目が 2050 年。普通の状態でいくとこうなりますよと。約 4 割増えます。これは発展途上国を含めての図です。人口が増えて経済成長をしますのこうなります。これをいちばん右端の 2.93 という数字が書かれていますが、ここに全世界でもって行こうと考えているのです。これは building sector という建築部門だけです。こういうことを考えますと、細かく説明している時間はありませんけれども、建築部門でも 77%、約 8 割 CO₂ 排出量を先進国では減らさないといけないという状況にあります。

—スライド（4. 結語）—

これは最後のスライドでございますけれども、鍵としましてはもうすでにいろいろと申し上げましたけれども、既存技術の向上と普及というのは非常に大事です。そして革新的技術もさらに開発しなければいけません、そのためには基準と規格の整備が必要です。そして最後に実性能を捉えた基準・規格を用いた政策の展開



国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management
平成26年度講演会資料(12月3日)

4. 結語

- 国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management
平成26年度講演会資料(12月3日)
- 2050年に向けた建築分野における温室効果ガス排出低減の鍵とは？
- 省エネルギーのための既存技術の向上と普及
 - 革新的技術のさらなる開発
 - 既存技術と革新的技術の普及を実現するための基準及び規格の整備
 - 実性能を捉えた基準及び規格を用いた施策の展開（義務基準、誘導基準、先導技術支援など）

ご静聴、ありがとうございました。

が非常に重要であるということが 2050 年に向けた鍵であるというように言えるのではないかと
思っております。

どうもご清聴ありがとうございました。

3.6 IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意 (沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武)

沿岸海洋・防災研究部長の鈴木です。「IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意」ということでお話をさせていただきます。



写真-9 沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武

—スライド (H25 年台風 30 号 (ハイエン) による被害) —

まず初めに台風と高潮の被害についていくつかお話をしたいと思います。昨年の11月に台風30号(ハイエン)がフィリピンの中部を横断。そのときの中心気圧は910~940hPa、風速は45~55m/sという厳しい台風で、それによる高潮によって大きな被害が発生しました。ニュースなどで報道されているので、皆さんご承知のことと思います。

この台風は最強時の中心気圧が895hPa、これは日本で言えば伊勢湾台風と同じです。非常に強い台風です。この台風の最大風速は気象庁のデータでは65m/s、米軍のデータでは90m/sということになっています。この台風が来たのが11月の8日でしたので、COP19がワルシャワで開かれましたが、その直前であったために関係者、あるいはマスコミの関心を集めました。

—スライド (フィリピン高潮 (ハイエン) の災害調査) —

この台風で高潮被害が起きましたので沿岸海洋・防災研究部のほうでも現地調査に行きました。2度にわたって行っていますが、港湾技術研究所と国総研が協力して行ってまいりました。行った場所は①~⑩までです。高潮が大きかったと思われる辺り、港のある辺りを中心に行って来ました。

IPCC第5次報告書を受けた高潮 浸水被害予測とその含意

国土技術政策総合研究所講演会
H26年12月3日
沿岸海洋・防災研究部 鈴木武

H25年台風30号(ハイエン)による被害

- H25.11.8の9時にはレイテ島に上陸しフィリピン中部を横断。その間、910~940hPaの勢力を維持。45~55m/sの強風と高潮により、レイテ島のタクロバンなどで大きな被害が発生。
- フィリピン国家災害リスク削減委員会(NDRRMC, 2014年4月17日)によれば、死者6,300人、負傷者2.9万人、行方不明1,061人、被害額900億ペソであった。
- 中心気圧(最強時): 895hPa(伊勢湾台風と同じ)
- 最大風速(最強時): 気象庁のデータで65m/s(10分平均)。
90m/sは米軍の測定方法(1分平均)による値。
- COP19(ワルシャワ, 11.11~11.22)の直前であったことが関係者やマスコミの関心を高めた。また、米軍基準の風速を説明なしに使った台風関連報道が多くみられた。

—スライド（被害状況（レイテ島沿岸））—

状況をいくつか紹介いたします。これは有名なタクロバン、パロという場所の状況です。ここには護岸があって、高潮によって護岸が被災しています。現地に行ってみますと、下のほうが空洞化していましたので、多分吸出しが起っていたのではないかとされています。

また、船も高潮によって陸に押し上げられて、民家の所まで行っているという状況です。護岸がある所でも護岸の天端が低いので高潮は防げない、そもそも護岸がある区間が非常に少なく、途上国はだいたいそうなのですが、護岸がないので高潮が来ると大きな被害になってしまうということです。

—スライド被害状況（エスタンシア港周辺）—

それから、あまり紹介されていませんが、西側にあるパナイ島のエスタンシアという所も高潮が高かったと考えられたので調査を行いました。やはりここでも風と高潮で被害を受けています。それからここではバージから流出した油が漂着しているという状況もありました。

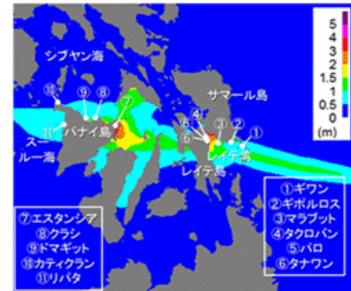
浸水の痕跡から高潮の偏差を調べますと、3.8~4.1m ということでした。これと港湾空港技術研究所の高潮推算の結果を比較すると非常によく一致していて、過去の知見が概ね当てはまるだろうということが分かりました。

—スライド（スーパー台風の発生状況）—

次に今年度話題になったスーパー台風ですが、2014年は6個のスーパー台風が発生し

フィリピン高潮(ハイエン)の災害調査

- 調査時期
 - H25.12.3~12.7
 - H26.1.28~2.4
- 調査団
 - 国土技術政策総合研究所(沿岸防災研究室)
 - 港湾技術研究所



被害状況(レイテ島沿岸)



被害状況(エスタンシア港周辺)



スーパー台風の発生状況

2013	2014
1. 台風7号(ノーリック) 7/8-7/14 925hPa	1. 台風8号(ノグリー) ● 7/4-7/11 930hPa
2. 台風11号(ウデア) 8/10-8/18 925hPa	2. 台風9号(ラマーン) 7/12-7/20 940hPa
3. 台風19号(ウサギ) 9/17-9/24 910hPa	3. 台風11号(ハーロン) ● 7/29-8/11 915hPa
4. 台風27号(フランシスコ) 10/21-10/26 920hPa	4. 台風13号(ジェヌヴィーブ) 8/7-8/12 915hPa
5. 台風28号(レキマー) 10/21-10/26 905hPa	5. 台風19号(ヴォンフォン) ● 10/3-10/14 900hPa
6. 台風30号(ハイエン) 11/4-11/11 895hPa	6. 台風20号(ヌーリ) 10/31-11/7 910hPa

※ 2011年と2012年は4に発生。
(H26.11.10現在)

(注) ●は本州に上陸した台風。 Wikipediaより

ています。そのうち○をつけた3つが日本の本土に上陸しています。ちなみに、スーパー台風は、昨年が6個、その前が4個、さらにその前も4個とこういう状況です。

結構な数発生していて、去年は一番強いのはハイエン（30号）でした。今年が一番強い台風は19号（ヴォンフォン）で、ハイエンに肉薄する強さを持っていました。

—スライド（スーパー台風とは）—

スーパー台風という言葉がよく使われますが定義がはっきりしないという状況のようです。調べてみますと、米軍合同台風警報センターという所が、非公式に定めている階級の1つにスーパー台風というのがあるようです。これしか今のところ定義らしきものがないので、たぶんこれが1つの定義になるのではないかと思います。

この定義は最大風速が130ノット、秒速にすると67m/s以上の台風というものです。これは米軍の定義ですので、1分平均の速さですから、気象庁の数字に換算する必要があります。ハイエンの例で比率をかけてやりますと、67m/sが48m/sになります。この48m/sというのはどのぐらいの数字かということ、気象庁の階級では「非常に強い」の強いほうに該当します。それ以上がスーパー台風になるということです。マスコミで使われているスーパー台風という言葉はまちまちなので、注意深く見ていく必要があるのではないかと思います。

スーパー台風とは

- 米軍合同台風警報センターが非公式に定めている台風の階級。が一つの定義になっていると考えられる。
最大風速(最強時)が130ノット(67m/s)以上の台風。
風速は米軍が1分平均、気象庁が10分平均。
- ハイエンは1分平均90m/sに対して、10分平均65m/sで0.72倍。
- この日米比を使うと、67m/s(1分平均) × 0.72 = 48m/s(10分平均)。
- この場合、スーパー台風は、気象庁の『非常に強い』の中で強い部類以上の台風に相当する。

階級	最大風速
強い	33m/s(64ノット)以上～44m/s(85ノット)未満
非常に強い	44m/s(85ノット)以上～54m/s(105ノット)未満
猛烈な	54m/s(105ノット)以上

—スライド（高潮浸水被害予測）—

次に本題の高潮浸水被害予測の話を行います。

—スライド（背景・目的）—

まず背景・目的ですが、昨年9月にIPCCは第5次評価報告書第1作業部会報告書政策決定者向け要約というものを採択しました。この第5次報告書では、海面水位が26cm～82cm上昇し、高潮は「極端な高い水位の発生や高さの増加」が21世紀末で「可能性が非常に高い」としました。海面水位が上昇し高潮偏差が増大すれば、日本の沿岸域における

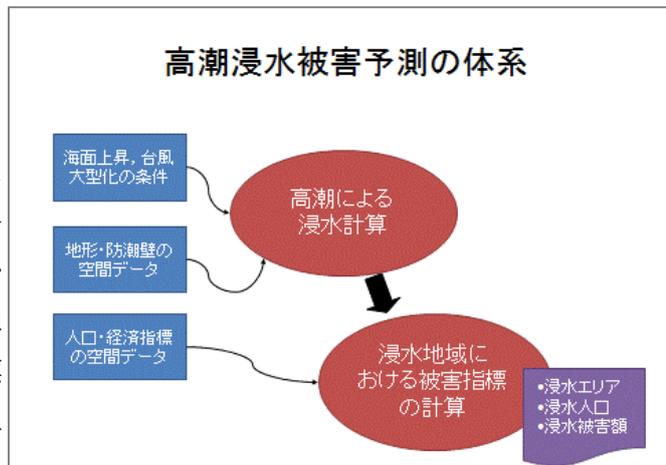
■高潮浸水被害予測■

- 海面水位の上昇と高潮偏差の増大は、日本の沿岸域における高潮による浸水リスクの増大をもたらす。
- AR5*に採用された気候モデルで予測された海面の上昇量をもとに、日本の高潮浸水による被害リスクが全国でどれだけ変化するかを予測した。

高潮のリスクは増大します。そのために、第5次評価報告書で出されている海面上昇や温度上昇を基に、日本の高潮浸水による被害リスクが全国でどれだけ変化するかということを予測しました。その結果を紹介いたします。

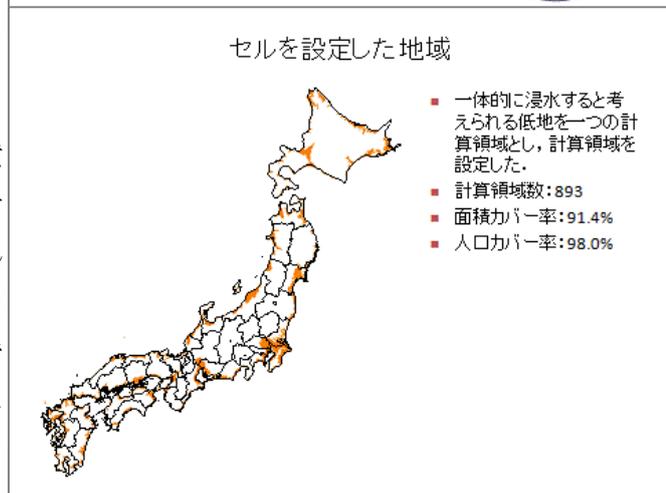
—スライド（高潮浸水被害予測の体系）—

予測の方法は全体としてこういう流れになります。まず、地形と防潮施設の空間データをそろえます。それに対して海面上昇と台風の大規模化の条件を与えて、高潮による浸水計算をします。その結果と、人口・経済指標の空間データを合わせて、浸水エリア、浸水人口、浸水被害額を求めます。



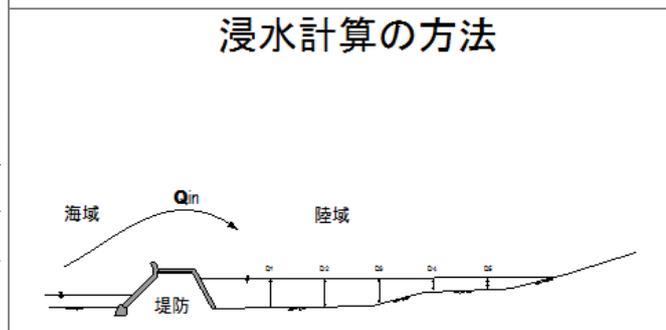
—スライド（セルを設定した地域）—

中身をもう少し詳しく説明します。この黄色く塗ったところが、一体的に浸水すると考えられる低地を1つの計算領域として、それをたくさん設定したものを全部塗ったのがこの黄色い領域です。893 あります。面積で見ると 91%、人口で見ると 98%をカバーしています。



—スライド（浸水計算の方法）—

次に浸水計算ですが、地形と堤防がこのようになります。これに対して海側から陸域に越流で流入する海水量を計算します。流入した海水量が陸地に湛水するという計算をして、浸水の状態を推定します。



—スライド（GHG 代表的濃度経路 (RCP) の基本特性）—

次に将来気候の条件ですけれども、第5次報告書では、代表的濃度経路 (RCP) というものを設定してそれによって将来を想定しています。これは温室効果ガスが将来どのように変わっていくかというシナリオです。2.6

GHG代表的濃度経路(RCP)の基本特性

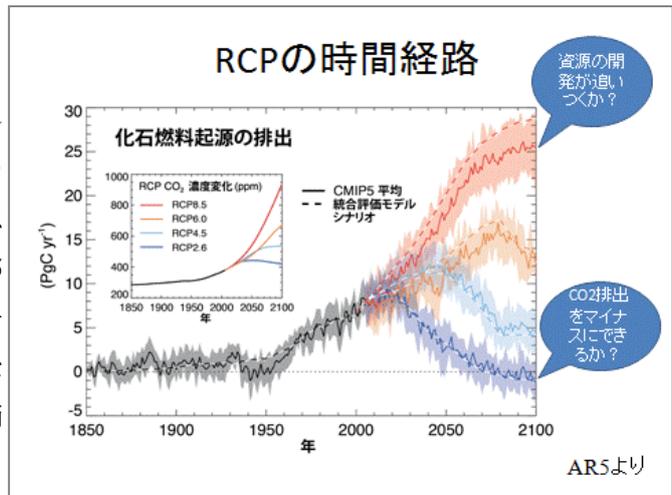
RCP	放射強制力	経路特徴	CO2 濃度	気温上昇量	海面上昇量
RCP2.6	2.6W/m ²	放射強制力がピークを迎えた後減少して低い値になる	421ppm	0.3~1.7°C	0.26~0.55m
RCP4.5	4.5W/m ²	放射強制力が安定する	538ppm	1.1~2.6°C	0.32~0.63m
RCP6.0	6.0W/m ²	2100年以降に放射強制力が安定する	670ppm	1.4~3.1°C	0.33~0.63m
RCP8.5	8.5W/m ²	放射強制力が増加し続け高い値になる	936ppm	2.6~4.8°C	0.45~0.82m

AR5より

～8.5まで4つあります。気温上昇、海面上昇、CO₂濃度等の予測値が示されています。

—スライド（RCPの時間経路）—

RCPがどのようなものか、もう少し説明します。横軸が年です、縦が化石燃料起源のCO₂の排出量です。黒いところが実績で、それ以降が将来のシナリオになります。一番上が8.5で、一番下が2.6になります。まず8.5のケースでは2000年から2100年でだいたい3倍になります。3倍になるということは化石燃料の消費量が3倍になるということになりますので、それに見合う資源確保が必要になります。それについてどうなるかというのはよく分からない面があります。



一方で、一番低いケースですとゼロより下まで行きますからマイナスになります。マイナスになるということは排出するCO₂よりも吸収するCO₂を大きくしないといけないという非常に厳しい状況になります。これも本当にどこまでできるのかというのについては、不確かな要素があると思われます。こういった中での予測であるということを確認しておく必要があると思います。

—スライド（検討ケース）—

次に計算のために考えた人口と適応の条件です。3つケースを設定しています。Case0が現在の人口がそのまま2100年まで変わらない場合。Case1は人口が人口問題研究所の推定に従って2050年まで減少し、2050年からは一定という条件です。Case2というのは人口減少に加えて、100年の1回の高潮による高潮の高さまで海岸の防護施設の高さを高めるというケースです。

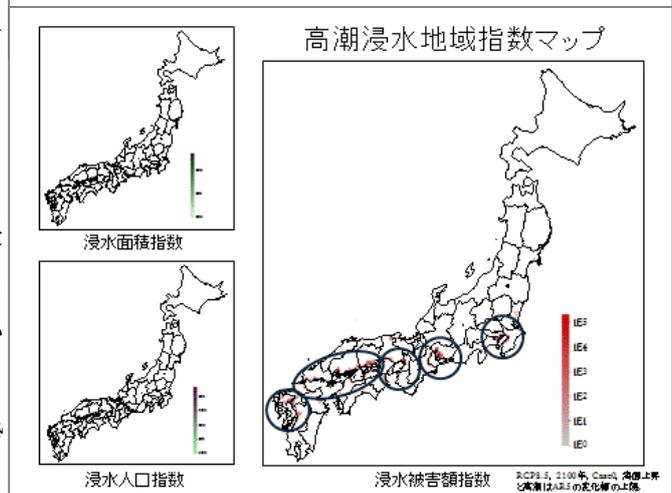
検討ケース

Case	人口	適応
0	2050年および2100年(は2000年と同じ。	—
1	2050年は国立社会保障・人口問題研究所の推定値をもとに設定。2100年は2050年と同じ。	—
2	(同上)	年生起確率1/100の高潮による最高潮位未滿の海岸防護施設の天端を2050年までにその高さにする。

—スライド（高潮浸水地域指数マップ）—

計算の結果です。左上が浸水面積、左下が浸水人口、右が浸水被害額の指数です。3つとも傾向は同じなので、右の図だけ見てもらえばいいと思います。

見ていただくと色が濃い部分は東京湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、有明海、八代海といっ



た所です。つまり、これらの地域が相対的に高潮のリスクが高いということが分かります。

—スライド（高潮被害経年指数の100年間の変化）—

次に時間変化で見てみます。これは上から被害額の指数、浸水人口の指数、浸水面積の指数です。RCPが2.6~8.5まで4列あります。このグラフの横軸は年になっていて、左端が2000年で右端が2100年になります。

下の図を見ていただくとCase0の線だけしかありません。一番厳しいRCP8.5の上限のケース、これは急激にグッと上がっていくのですが、これを除けばだいたい直線的に増加していきます。直線的に増加していくということは、リスクが一定の速さで上がっていくということなので、例えば海岸施設の増強を一定のペースでやっていけば、一定のリスクに抑えられる可能性があるということを示しているのではないかと思います。

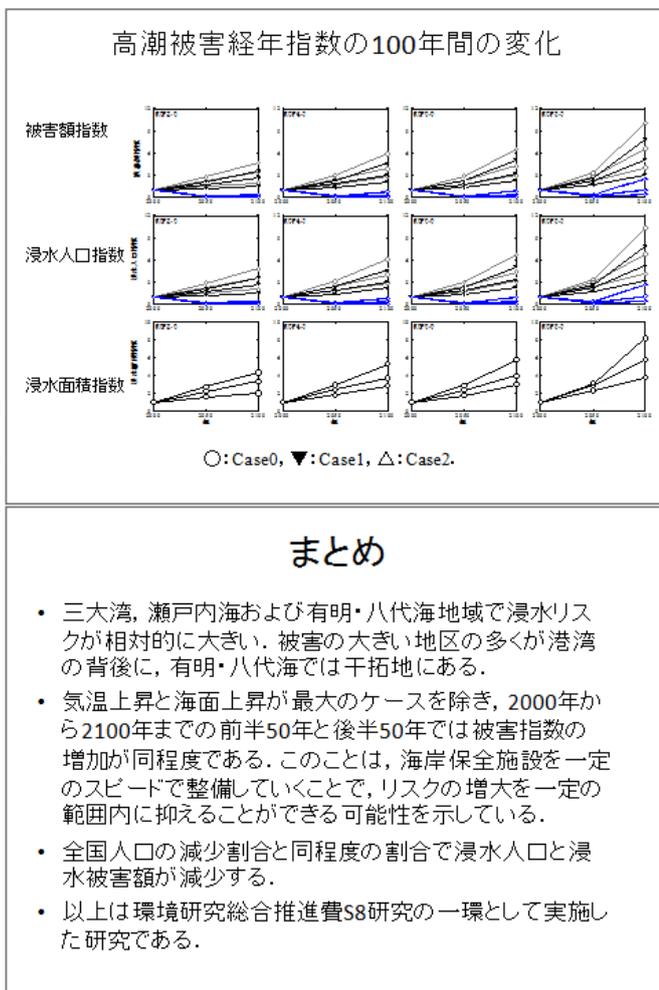
次に上のほうの図を見ていただきたいのですが、少しグレーの線と濃い線が重ね書きしてあります。黒い三角の点の付いた線が人口減少のケースです。人口が減少すると、だいたい全部同じような感じで白○から下がってきます。この下がり具合はというと、日本全国の人口減少の割合と同じ割合ぐらい下がっているという状況です。

先ほどお示したように、3大湾、瀬戸内海、有明海、八代海といった比較的人口の多いエリアが中心になっていますので、全国の傾向と同じような傾向を示すということになります。

次に青い線がCase2で、適応策を入れた場合です。100年に1回の所まで堤防を上げてやると、被害額は大きく低下します。大きく低下しますが、2100年まで見るとまた上がってくるという状況です。特に8.5のケースになるとかなり上がってきますので、この場合は更なる適応が必要になるということではないかと思います。

—スライド（海岸の管理区分）—

海岸をどのように守っているかということを紹介します。基本的に海岸はこの図のとおり、河川・港湾・漁港・農地の4部局で分担して管理しています。3大湾のような所、例えば東京湾を見ていただきますと、東京、横浜、川崎、横須賀、千葉、木更津のような主要な都市は、その海側に大き



な港湾がだいたい位置しています。

また、下の図は東京の臨海部の海岸・河川の堤防の高さの模式図で、隙間が隅田川と荒川です。見ていただきますと、河川の堤防がちょっと高くなっています。それに対して港湾の海岸が低くなっていますので、ここをどう守るかが重要になってくると思います。

—スライド（2つの目標水準）—

予測の結果を踏まえてどのような対応の方向があるかということについて、いくつかの視点を紹介したいと思います。1つは2つの目標水準をどう考えるかということです。地球温暖化の場合は、全体的な目標を定めてそれに対してバックキャストして、施策を展開するのだということがよく言われます。しかし、実際にはその通りにはならず、施策実施の目標はちょっとずれるということになります。

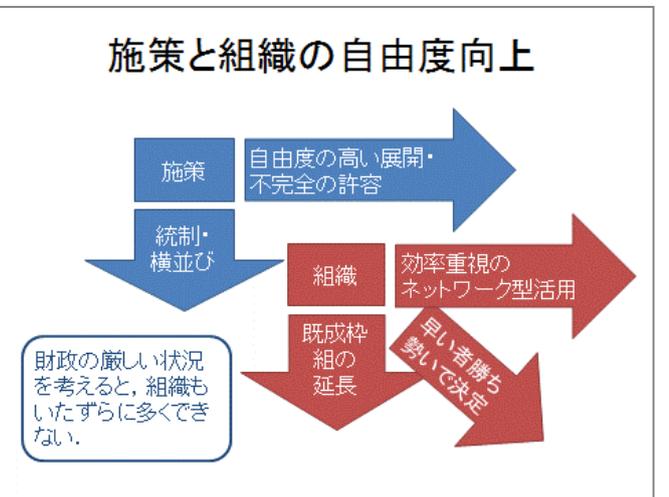
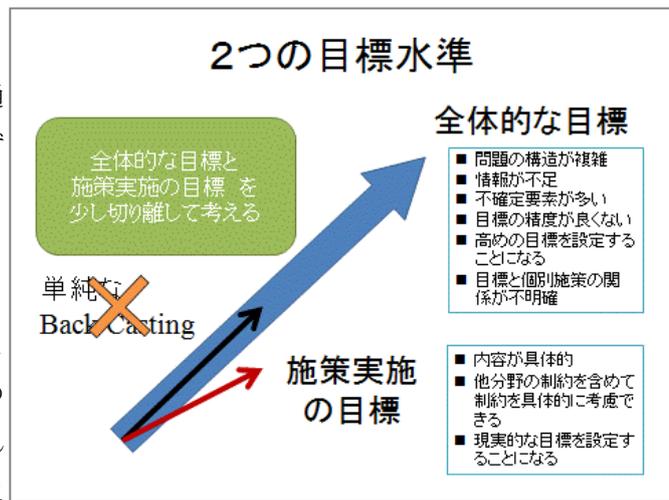
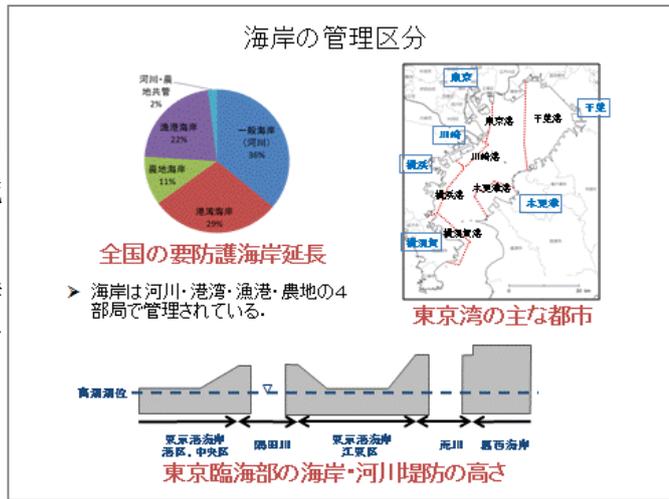
なぜかと言いますと、全体的な目標というのは問題の構造が複雑で、情報が不足します。不確定要素が多く、目標の制度がよくありません。そういう状況の中で割り切って高めの目標を設定するということになります。それに対して施策実施のときには内容が具体的に

なるので、他分野の制約も含めて具体的にどうするか考えることができますので、それらを踏まえて現実的なところで目標を定めることとなります。そのためずれが生じることとなります。

従って、全体的な目標と施策実施の目標を少し切り離して考えることが必要だと思います。

—スライド（施策と組織の自由度向上）—

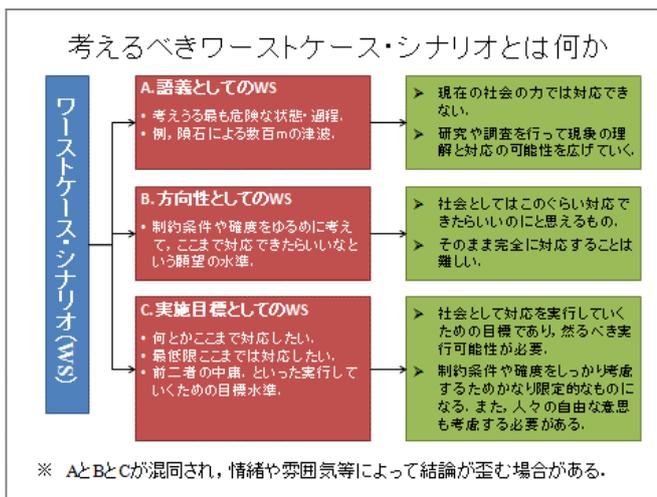
地球温暖化は対応していくのが難しい大きな問題ですので、施策を実施していく方法もいろいろ考えていく必要があると思います。施策については、日本は伝統的に統制・横並びを重視してやってきたと思いますが、それだけでは厳しいので自由度の高い展開、当然それをするためにはある程度不完全性の許容ということが必要になってくると思います。



組織については、基本的に、いまある組織を単純に延長して考えるということをしてきましたし、早くやったところがやるということによってやってきたと思います。当然それらは重要ですが、日本のいろいろな厳しい状況を考えますとそれだけでは問題があって、あらゆる組織を最大限に活用していくために効率重視のネットワーク型活用といったことをこれまでよりも考えていかないといけないのではないかと思います。

—スライド（考えるべきワーストケース・シナリオとは何か）—

よく話題になるワーストケース・シナリオについて考えてみます。ワーストケースは一般に考えうる最も危険な状態・過程と言うように理解されていると思います。語義としてはそういうことになり、例えば津波であれば、隕石による数百メートルの津波と言うものまで考えられるわけです。もっとすさまじいものもあり得ます。実際にはそこまで考えているのではなくて、制約条件や確度をゆるめに考えてここまで対応できたらいいなという願望の水準で考えていると思われま



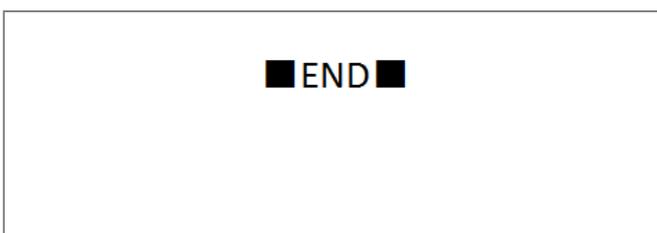
堅実な方であれば、実施目標としてのワーストケースを考えているかもしれません。何とかここまで対応したい、最低限ここまで対応したいといった実行していくための目標水準です。

語義としてのワーストケースについては、現在の社会の力では基本的に対応しきれません。研究や調査を行って現象の理解と対応の可能性を広げていくということが必要だと思います。方向性としてのワーストケースについては、社会としてはこのくらい対応できたらいいのと思えるものという条件が入ると思います。ただしそれをそのまま完全に実行するのは、それでもまだ難しいのではないかと思います。

最後の実施目標としてのワーストケースは、社会として対応を実行していくための目標ですから、しかるべき実行可能性が必要になります。制約条件や確度をしっかり考慮するため、かなり限定的なものにならざるを得ない。また人々の自由な意思というものもあるので、それもどう考えていくかというファクターも残ると思います。

A、B、Cが混同されて、情緒や雰囲気等によって結論が歪むという場合も考えられますので、こういったことを整理してしっかり取り組んでいくことが大事かと思

以上です。



3.7 東アジア地域を中心とした輸送円滑化策に関する研究 (港湾研究部長 小泉 哲也)

ご紹介いただきました港湾研究部の小泉でございます。本日はよろしくお願いいたします。

—スライド 港湾研究部の使命と研究ニーズ—

本題に入ります前に、私ども港湾研究部の研究の動向につきまして最初に簡単に紹介させていただきますと思います。私ども港湾研究部は神奈川県横須賀市の久里浜湾に面した所にございまして、そこで港湾に関する研究を行っております。私どもの使命といたしましては、本省における政策や港湾管理者の港湾の業務に対して技術的な側面から支援をするという役割を担っております。

また、港湾の施設面から港湾の安全・安心の確保に対する貢献を行うこと。近年、非常にニーズが高まっておりますのがストック型社会に対応した効率的な事業の実施という点について主に研究を行っております。

—スライド (港湾研究部の主要な研究課題) —

これは研究の例でございますが、特にこの中では紹介したいところは耐津波設計法について研究を行っております。これは具体的には粘り強い港湾施設の設計というものについて研究に取り組んでおります。また、港湾の技術基準を特に東南アジア等の海外に展開して、わが国の企業がそういうところで仕事をしやすくなるよう貢献すべく研究活動を行っているところでございます。



写真-10 港湾研究部長 小泉 哲也

国総研 National Institute for Land and Infrastructure Management MLIT, JAPAN
平成26年度
国総研講演会

東アジア地域を中心とした 輸送円滑化方策に関する研究

平成26年12月3日
港湾研究部長 小泉 哲也

△ 港湾研究部の使命と研究ニーズ

■ 港湾研究部の使命

- ◇ 港湾政策の企画立案、制度整備等を技術的側面から支援
 - ・国際的な経済社会の変化に対応した港湾の将来ビジョンの探求と提示
 - ・本省における技術基準体系の整備や事業評価手法・政策評価手法の確立
 - ・港湾管理者、整備局等の取組みに対する技術支援

■ 研究ニーズ

- ◇ 産業の国際競争力と国民生活を支える物流体系の構築
 - ・国際海上コンテナ輸送網の強化
 - ・バルク貨物等の輸送網の強化
 - ・複合一貫輸送網の強化、港湾を核としたシームレスな物流網の形成
- ◇ 国民の安全・安心の確保への貢献
 - ・災害に強い港湾の構築
- ◇ スtock型社会に対応した効率的・効果的な事業の実施
 - ・港湾施設の適切な維持管理、港湾施設の有効活用
 - ・技術開発の推進と成果の活用

△ 港湾研究部の主要な研究課題

◇ 国際競争力と国民生活を支える物流体系の構築に関する研究

- ・国際貨物輸送効率化のための新たな港湾計画手法の開発
- ・港湾ロジスティクスの強化等に関する研究
- ・港湾貨物需要予測手法の高度化
- ・衛星AISを活用した北極海航路の航行可能性に関する評価・分析
- ・旅客船需要に関する動静分析

◇ 災害に強い港湾の構築に関する研究

- ・耐津波・耐震設計手法の高度化に関する研究
- ・港湾の施設の技術上の基準に関する研究
- ・港湾施設の技術基準の国際展開

◇ Stock型社会に対応した効率的・効果的な事業の実施に資する研究

- ・港湾の事業評価手法の高度化
- ・港湾空港分野における品質確保の促進に関する研究
- ・港湾施設の計画的な維持管理の推進に関する研究
- ・港湾空港分野における環境負荷の低減に関する研究

—スライド (AIS (北極海航路) に関わる研究 ~背景・目的~) —

いくつか具体的に研究内容についてご紹介させていただきます。まず、北極海航路に関する研究です。近年、北極海の海氷面積が減少してきており、それに伴い北極海の航行が可能になってきております。この利点としては、スエズ運河経由と比べて3割以上航路が短縮できるという効果と同時に、特にロシアの北部の地域、北極海に面した地域は天然資源が非常に豊富な地域であることです。先日、邦船社がこの地区の天然ガスを将来的には運んでくるという構想を発表していますが、今後、活用が見込まれる地域です。

△ AIS (北極海航路) に関わる研究 ~背景・目的~

背景・目的

- 近年、海水面積の減少に伴い、北極海航路の利用が拡大
- 長期的には、東アジア地域の港湾整備への影響も想定
- 一方で、厳しい航行条件から航行可能時期や航行可能性(航行コスト、定時性等)に対する懸念も存在

↓

- 衛星AISを活用して北極海航路の航行実態を把握し利用可能性評価に資することを目的

北極海航路

- 距離短縮
- 海賊回避
- 資源開発

スエズ航路

JAXAとの共同研究体制

AMS226/JAXA

この遠い海域の船舶の航行についてどのように研究しているかという点、船舶にはAISという船舶自動識別装置で常時船舶の船名、船舶の大きさ、あるいは速度といったものを発信しながら航行することになっています。通常はその信号は陸上の基地局で直接受信しているわけですが、今回は共同研究しておりますJAXAが打ち上げている人工衛星にその識別装置を搭載していただいて、そこで信号を受信し、私どもがそのデータをいただくという形で船舶の速度等を研究しているということです。

—スライド (AIS (北極海航路) に関わる研究 ~分析事例~) —

しかし、実際には北極海航路と言いましても、航行できるのは現在でもまだ夏場だけです。氷塊への警戒、速度を抑制しないといけないとか、船舶自体もアイスクラスという規格の船舶でなければならない、あるいはロシアの法律でロシア船の砕氷船のエスコートが義務付けられていると、こういう制約もある所でありまして、今後、発展するにはさまざまな課題がある所がございます。

△ AIS (北極海航路) に関わる研究 ~分析事例~

海水/厳しい環境

氷塊への警戒・速度抑制

分析事例

海水と船速の関係 (2014年7月19~25日)

海水密度度

- 0%
- 1-2.0%
- 2.0%~
- 3.0%~
- 5.0%~
- 7.0%~
- 1.0%

航行速度

- ▲ 5ノット未満
- △ 5-10ノット
- ▲ 10ノット以上

AMS226/JAXA

これは実際の研究の1例ですが、海氷の状態、白と赤の部分が海氷の密度を表しています。そこに実際にこの航跡が示していますが、船舶が通っていることを実際に把握できています。そして、海氷がない部分では10ノット以上で航行していますが、海氷部分では速度が落ちているということが具体的に分析できているところです。

—スライド（次期港湾技術基準策定に向けた取り組み）—

次の課題は、港湾の技術基準についてです。私どもは本省と一体となってこの港湾の技術基準を日々高度化しています。現在の基準は平成19年に改訂して、信頼性設計法を導入してきたところです。

その後、7年経過しまして、その後の大規模災害や事故の教訓ですとか、国際競争力の強化といった政策に対応して、それらの政策に対する技術課題がでてきたので、それらに対応する研究というものを、現在、国総研を中心に港空研や整備局等と進めているところ

です。そして、次期基準としては、平成30年を目途に改訂すべく研究に取り組んでいるところです。

次期港湾技術基準策定に向けた取り組み

現行の技術基準(H19改訂)

- 性能規定化の導入
- 信頼性設計法の導入
- 国際標準(ISO等)との整合 等

7年経過

港湾施設の技術基準の検討

- 残存する技術的課題、残存するユーザーニーズを踏まえた次期技術基準のあり方を検討し、より合理的な設計を可能にする設計体系の構築について検討

7年経過

次期技術基準改訂(H30)の目標

- 防災・防災対策の強化
- 維持管理時代に相応しい技術基準
- 国際競争力の強化
- 資源・エネルギー等の安定的な輸入の実現に対応する技術基準
- 技術基準の国際展開による日本企業の海外展開の土壌醸成

技術基準の新たな技術的課題

港湾局主要施策

- 防災・防災対策
- 老朽化した施設の的確な維持管理・更新
- 国際競争力強化
- 資源・エネルギー等の安定的な輸入の実現 等

大規模災害・事故の教訓

- 粘り強い港湾構造物
- 発生が予想される南海トラフ、首都直下地震
- 施工管理基準の強化
- 維持管理・点検基準の強化

基準化のニーズ

- 大型輸送船舶に対応する港湾施設
- 技術基準が整備されていない施設
- LiFi網・遠隔地・海上新施設・マリナー等

その他

- 技術基準の国際展開(他国への移植)

現行技術基準の運用上の課題

- 性能規定、信頼性設計法の課題
- （原化、設計自由度、ブラックボックス化等）への対応
- 設計実施者、施設利用者等からの各種ニーズ

—スライド（港湾施設の維持管理に関わる研究）—

近年、非常にニーズが高まっているのが港湾施設の維持管理です。港湾施設も老朽化している施設が増えて来ているところです。その維持管理についての研究を行っております。昨年度の港湾法の改正により定期的に港湾施設は点検することが規定されました。

その規定に対して、具体的にどのように点検診断するかということ、この点検診断ガイドラインにまとめて今年の7月に港湾局から発表していますが、私ども、本省が関係機関と調整しながら取りまとめたところです。また、係留施設の老朽化と対策についても研究を進めているところでございます。

港湾施設の維持管理に関わる研究

○「港湾の施設の点検診断ガイドライン」の策定

- 供用期間に対象施設の性能を満足するよう、点検診断に関するガイドラインをとりまとめ。（H26年7月公表）
- 限られた人員、財源でも必要最低限の点検診断が実施できるよう、点検診断方法等をわかりやすく記載。

劣化度(a)の判定事例の掲載例

車両の通行に危険なひび割れあり。 車両の通行や歩行に重大な支障あり。

○重力式係船岸における空洞の発生状況に関する分析

- 全国的に実施された空洞化調査をもとに係船岸の空洞の発生状況について分析。

空洞化事例

空洞の発生位置

岸壁法線からの距離(m)

空洞の深さ(m)

—スライド（国際フェリーに関する研究 ～研究背景～）—

続きまして、本日の本題である東アジア地域の貨物輸送の効率化に資する国際フェリーに関する研究について紹介いたします。

東アジア地域においては、貨物量は非常に

国際フェリーに関する研究 ～研究背景～

背景

- ①アジア域内の貨物需要増（経済発展、水平分業化等）
- ②高速航行、効率的荷役、トラックによる直接輸送も可能な国際フェリー輸送へのニーズ拡大
- ③アジア物流一貫輸送網の構築が必要
 - 国土形成計画(H20.7閣議決定)への位置づけ
 - 日中韓物流大臣会合(第2回H20.5in岡山、第5回H26.8in横浜等)

(参考) 国際フェリーの荷役風景 ～大阪港 2014年4月撮影～

(参考) 第5回日中韓物流大臣会合(2014年8月) 第5回日中韓物流大臣会合の発表等を目標とした横浜貨物の積込

増大していると同時に水平分業と言う形で、あたかも東アジア地域が貨物の輸送においては準国内的な様相になってきています。それにより多様なニーズが発生していますが、その中でも高速航行や荷役の効率化、あるいはトラックによる直接輸送といったニーズがあり、それが国際フェリー輸送の増大につながってきているところです。また、アジアの物流一貫輸送網というのも政策に位置づけられてきているところです。

—スライド（フェリー（RORO 船）とコンテナの荷役）—

まず、フェリー、あるいは RORO 船がどういうものかということを紹介させていただきます。貨物は、このようなコンテナ船で普通は輸送されています。通常はコンテナ船のデッキの上にコンテナを積み、ガントリークレーンで荷卸しするのがコンテナ船です。フェリーあるいは RORO 船は船内の荷役についてはこのようなヘッドとシャーシにより走行することによって積み荷をしています。それを roll on / roll off と言うので、通常 RORO 船というように言っています。

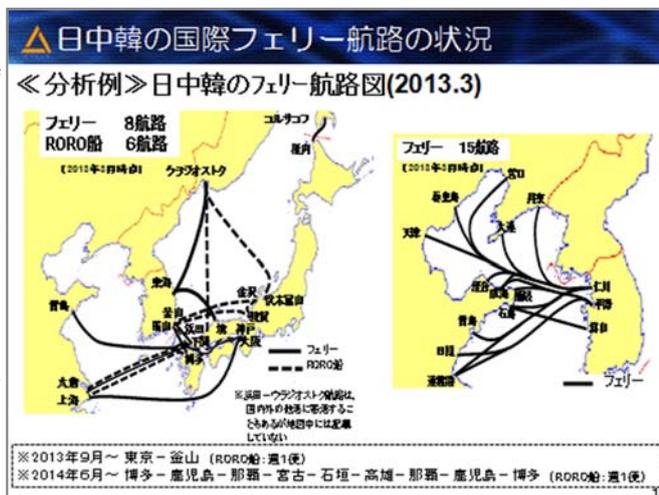


フェリーと RORO 船の違いについては、フェリーは旅客輸送も行うもので、RORO 船は貨物だけのものです。この RORO 船の特徴といたしましては、このようなコンテナも輸送します。ここにおいてあるのは、中古のクレーン車です。これは、この後積み込んで韓国に輸出するものです。このようにコンテナだけでなく、雑貨、多様な在来貨物についても扱えるという特色があります。

—スライド（日中韓の国際フェリー航路の状況）—

現在、この国際フェリーが東アジアでどの程度航行されているかというのを、13年の時点ですが分析しています。日本では韓国、中国を中心に14航路ぐらい、中韓でも15航路とかなり活発に航路が形成されているところです。

また、こういった航路の改廃は非常に多くなっていて、その後、東京都と釜山を結ぶ航路や、台湾を結ぶ航路なども就航しているところです。



—スライド（日韓シャーシ相互通行のパイロットプロジェクト概要）—

次に、日本と韓国の間でシャーシの相互通行というのが現在進められています。従来では、このシャーシの部分は陸上の部分と海上の部分で別々の物を使っていて、それぞれ港で積み替えが必要でした。シャーシの相互通行により、シャーシにコンテナを積み替えることなく韓国から日本、あるいは日本から韓国に運ぶことができるようになっています。

韓国では日本のナンバーが付いた車がそのまま走行することもあり。日本では韓国のナンバーと日本のナンバーのダブルナンバーで走行させているという形です。具体的には韓国で作った自動車部品を日本の九州の工場に持ってきて、組み立てに活用しているという事例がございます。

△日韓シャーシ相互通行のパイロットプロジェクト概要

○両国の関係法令の適用前提で事業者の申請で実施

- ・H24.10～日本製シャーシ（日本のガガガガ）韓国通行
- ・H25.3～韓国製シャーシ（日韓ガガガガ）日本通行

【参考】シャーシの相互通行と従来輸送との違い

これまでの輸送

精密機器（自動車部品等）
港での積替えによる荷傷みを回避
+
製造地点まで積替えのない、迅速・効率的な輸送を実現

シャーシの相互通行の実現

同一のシャーシによる一貫輸送
（乗客車は日韓両国において、それぞれの国の車高を使用）

航空に準ずるスピードで、航空より安い輸送を実現

11

—スライド（課題と研究の全体フロー）—

こういったことを背景として、私どもは今後の国際フェリーの計画、整備面の課題を解決すべく、貨物の流動予測と港湾施設の要件について研究を行いました。

△課題と研究の全体フロー

問題点

国際フェリーの計画・整備・利用に関して、下記の課題。

- ①国際フェリーに対する国際総トンベースの船舶や港湾の施設の技術基準が未整備
- ②国際フェリー航路貨物の予測ツールや効果評価ツールがなく定量的評価が難

研究全体フロー

1. 国際フェリー対応港湾における港湾施設の要件等の検討
○日中韓のフェリー航路・就航船舶諸元・対応する港湾施設に関する分析
2. 国際フェリー貨物の流動予測モデルの開発
○貨物流動分析・流動モデル開発
3. 国際フェリー網拡充に伴うインパクト評価ツール構築
○関係主体と効果分析
4. 国際フェリーに関わる各種施策評価など

(成果活用) - フェリーの港湾施設諸元を技術基準へ反映、施策評価等

12

—スライド（フェリーの国内総トンと国際総トンの関連分析）—

まず、船舶面からの研究ですが、国際フェリーと国内フェリーは似たような船ですが、船舶の大きさを表す総トンの考え方が国内総トンと国際総トンでカウントの仕方が若干違ってきます。それを今回1つの船で両方の総トン数を表している船をピックアップして、その関係を調べました。おおむねこのように相関がありますが、国際総トンと国内総トンを見ると、国内総トンがだいたい半分になって

△フェリーの国内総トンと国際総トンの関連分析

○国内総トン→国際総トンの変換式の検討
・東アジア就航フェリーのデータを元に回帰式を推計
 $Y = 0.525x$ (相関係数 $R = 0.94$)
ただし $Y =$ 国内総トン数、 $x =$ 国際総トン数

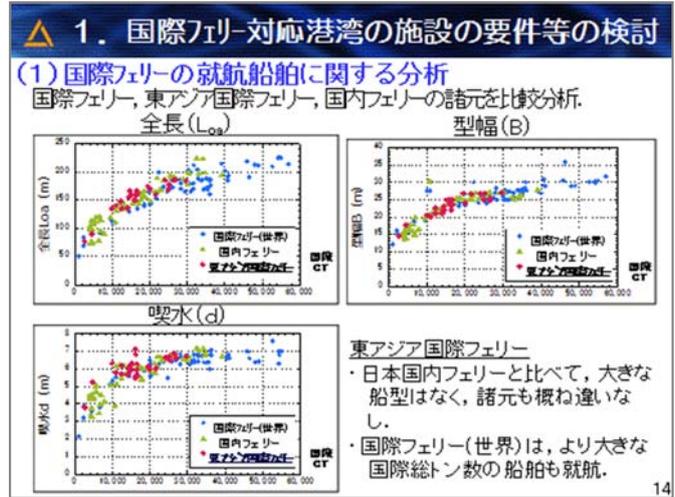
(参考) 国際総トン数の算出方法
 V : 船舶の積込場所全容積から除外場所の合計容積を除いた容積

国際総トン
 $t = Vx(0.2 + 0.02 \log 10V)$

船名	船名	船名	国際総トン数 (GT) 計	国内総トン数 (GT) 計	国内総トン数 / 国際総トン数
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,828	2,287	0.81
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	14,943	7,179	0.48
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,980	4,402	0.68
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,900	3,319	0.87
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	21,339	9,820	0.46
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,387	2,747	0.87
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	1,878	6,019	0.31
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	24,949	11,392	0.46
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,981	10,992	0.27
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	1,074	6,320	0.17
東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	東洋フェリー (東洋フェリー)	2,971	5,912	0.51

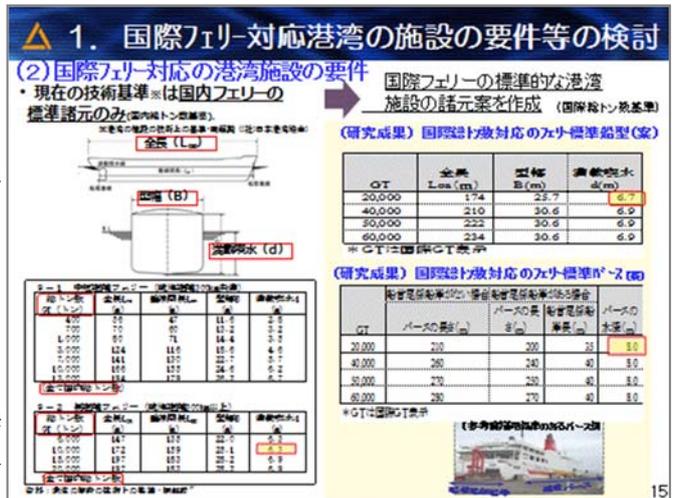
13

いるということが分かりました。



—スライド (2) 国際フェリー対応の港湾施設の要件)—

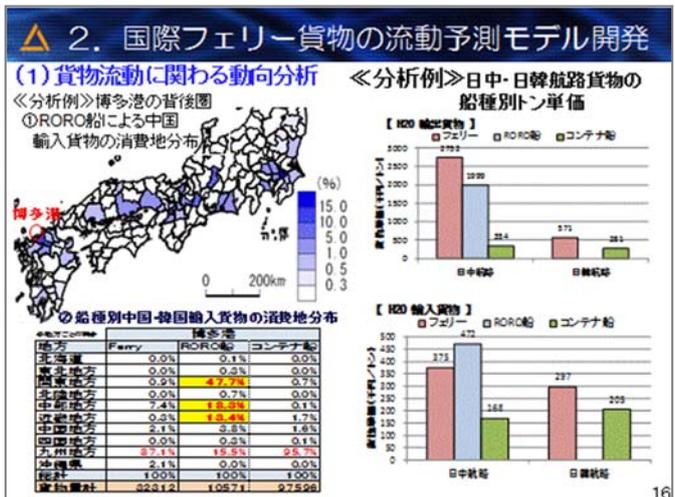
個々の施設の大きさを分析したところ、この中で国内フェリーは緑で示して、東アジアの国際フェリーは赤い点です。このように国内のフェリーと、東アジアの国際フェリーはおおむね船型の違いはないということが分かりました。一方、青い部分はその他の世界で広く使われているフェリーですが、これについてはもう少し大きい船が世界では航行しているということが分析されました。これらを受けて、現在の港湾の基準では国内のフェリーについての規定がありますが、今後の国際フェリーの増加ということを見込んで、国際フェリーの基準案を今回策定しています。



おおむね同じ船型に対応するものと比較すると、国内総トンで喫水が 6.3m、国際総トンでは 6.7m と深くなっていますので、その分港湾の施設も深くしなくてはならないということが分かりました。これを今後技術基準に盛り込むことを考えています。

—スライド (2. 国際フェリー貨物の流動予測モデル開発 (1) 貨物流動に関わる動向分析)—

次に、国際フェリーの貨物面、輸送面からの研究について紹介いたします。まず、国際フェリーがどのような貨物を輸送しているか分析いたしました。この例は RORO 船による中国から博多港に輸入した貨物がどこの消費地に最終的に行っているかというものを分析したのですが、このように、かなり日本に広く背後圏を持っています。それをコンテナ船やフェ



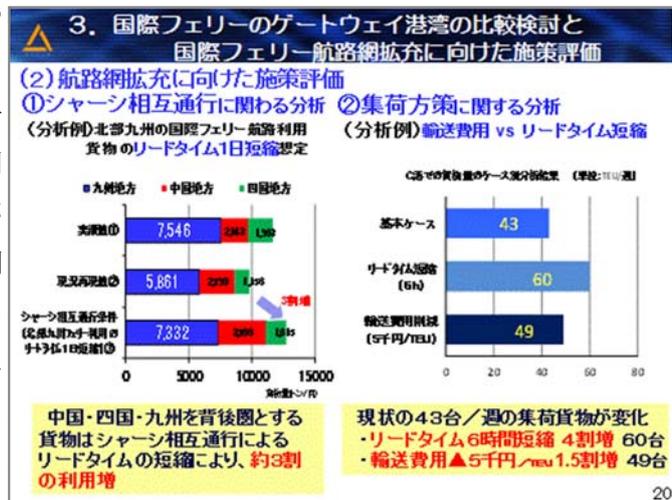
いて分析を行ったものです。この例は北陸地方について今後どういう所にフェリー航路を開設すべきか、ということについて分析したものです。この中ではA港に該当する所であれば、貨物量は過当たり150TEU/週ぐらい集荷が行けるだろうということで集荷効率が低いということが分かりました。

また、このように背後圏としても広く分布できるということで、今後の就航の可能性があるということが分析されているところです。

—スライド（3.（2）航路網拡充に向けた施策評価）—

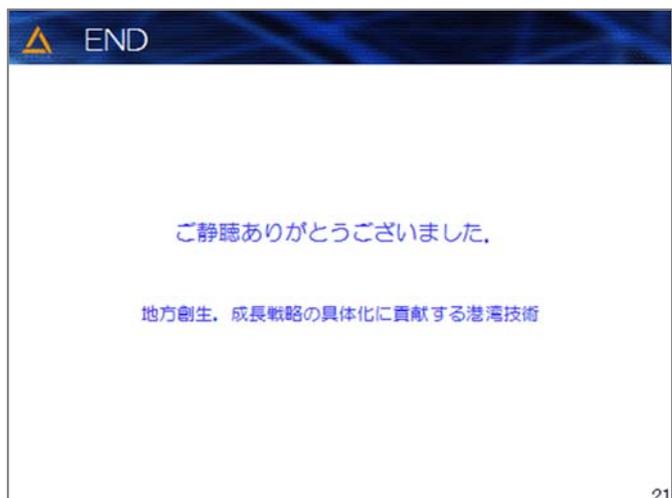
同じようにこのモデルを使って施策にどのように影響があるかを調べたものです。

1つ目はシャーンシの相互通行によってリードタイムが1日短縮できる、つまり輸送時間が短縮できるという場合に、どの程度効果があるかということ进行分析したものです。実測値に対して予測値でおおむね再現できていると考えております。このシャーンシ相互通行によりリードタイムが1日短縮できることによりまして、中国、四国、九州を背後圏とする貨物に対しては約3割増の貨物が見込まれるという分析結果を得ています。



また、この施策に関して費用の面と時間の面とどちらが効果が高いかということも感度分析しています。この場合ですと基本ケースに対してリードタイム、輸送時間が6時間短縮するケースと、輸送費用1TEUあたり5,000円削減するというケースでそれぞれ分析を行いました。リードタイムが短縮する場合ですと約4割の増加が見込めます。輸送費用の5,000円削減では1.5割の増加が見込めるということで、このケースでは、リードタイムの短縮のほうが効果が高いという分析を得ています。

以上、私どもではこのように東アジア地域の物流について研究を行っていますが、今後はこのデータのさらなる精度の向上と、さらに施策への活用を図っていきたいと考えているところでございます。以上で終わらせていただきます。



3.8 空港民営化における地震リスクマネジメント手法の開発と インフラ管理効率化への取り組み (空港研究部長 菅沼 史典)

皆さま、こんにちは。ただいまご紹介をいただきました空港研究部長の菅沼でございます。

本日はここに表示しておりますような題目でご案内をさせていただきたいと思えます。空港の現状ということについて、何となくは聞かれているかもしれませんが、皆様あまりご承知ではないのかなというように思いますので、ざっくりといまの状況を説明いたしたいと思えます。

まず航空需要が全世界的に伸びるという傾向が明らかになっておりまして、今後 2031 年までの予測ということになってございますが、特にアジア、それから中東ですね、この辺りが 6%以上の大きな伸びを示すということです。日本の航空当局もこういった状況で、日本の特に空港の施設であるとか、旅客環境、輸送環境というのが足かせになってはいけないということで、ビジネスにしる観光にしる、さまざまなお客様が必ず飛行機を使って日本に来られるという状況の中で政策を展開しようということでございます。

その1つとして、施設整備という面では、ここ数年でかなり進みまして、今年度末で数年前の 1.5 倍まで、空港の年間発着枠、いわゆる首都圏における羽田・成田の発着枠のトータル約 75 万回というところがようやく達成されてきたところです。

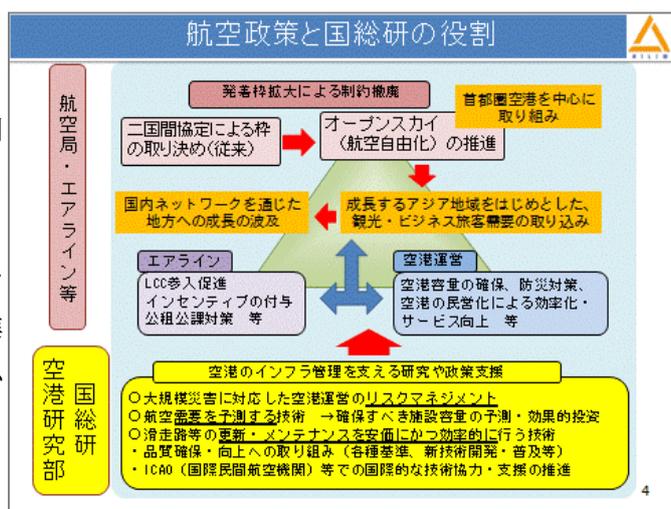
—スライド（航空政策と国総研の役割）—

実はこの図の一番上のほうをご覧くださいと思えますけれども、発着枠拡大による制約撤廃ということで、かつてはその下にありますように制約があるために二国間で枠を取り決めて旅客本数を決めていたという状況なのですが、先ほどのような施設整備が大幅に進んだということで、ようやく特に首都圏を中心にしてオープンスカイという自由化のベースが整ったということでございます。

こういう環境を整備しつつ、その下にありますように特にエアラインについては、皆さまもご利用になっている方もおられるかもしれませんが、LCC、これは Law Cost Carrier です。Life Cycle Cost ではないですね、Law Cost Carrier ですのでお間違いないようお願いしたいのですが、こういった Law Cost Carrier の参入の展開、そういった事業



写真-11 空港研究部長 菅沼 史典



者が参入しやすくする環境作りということを進める一方で、右側空港運営というところがございます。ここが今日のお話の本題の部分なのですが、特にこういった容量の拡大を一端進めたわけでございますけれども、まだまだ先ほどの2031年に向けて全世界的に旅客需要が増大してくるという予想になっておりまして、そういう中で今後ともさらに首都圏を中心とした空港容量の確保というのが課題になってくるだろうということでございます。

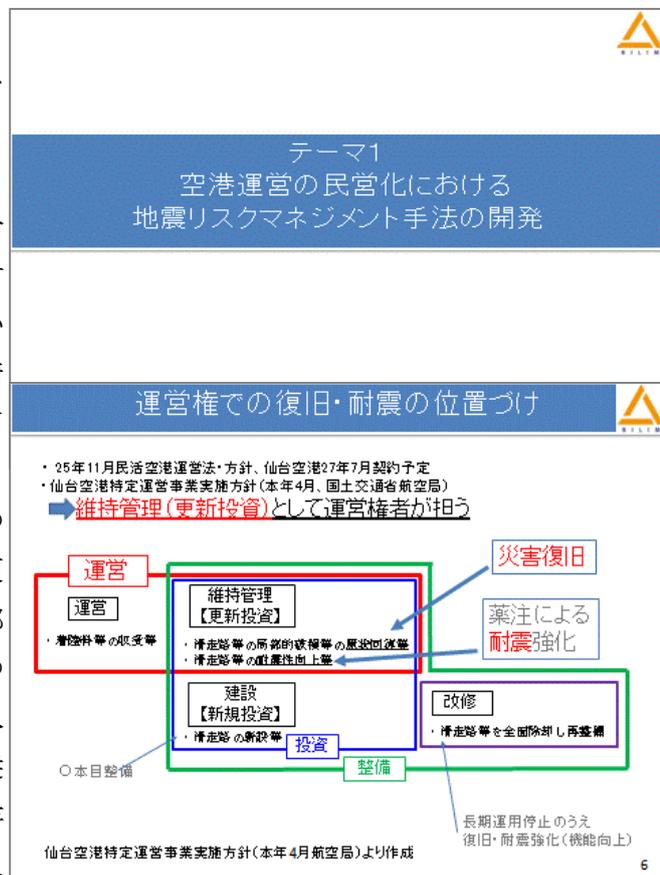
それからご案内の防災対策。これは言うまでもないことですが、さらにそれに加えてこういった空港の運営を効率化していこうということで、いわゆるコンセッションという言葉をお聞き及びかと思いますが、空港の新たなスキームによる民営化、いわゆる運営権実施契約というように呼ぶのですが、運営権を民間の方に買っていただいて、それで空港を運営していただくと。国のほうにはその買っていただいた代金が入るという形で、新たなサービス向上の展開を図ろうということを進めております。

そういう中で、私どもは空港研究部ということで、ここに箇条書きに列挙したような形でさまざまな防災対策に関するマネジメントの部分、それから需要予測、今後とも需要がどう伸びていくのかということの内容を精緻にしていく、予測していく技術。それから、あわせてこれだけ空港がどんどん忙しくなっていくという状況ではメンテナンスに取る時間も限られてくるという状況でございます。そういった中で、いかに効率的にメンテナンスをするかといった技術。こういったところで私ども空港研究部は取り組んでいるということでございます。特にこの下線を引いたところを本日はご紹介をしたいと思います。

—スライド（テーマ1 空港運営の民営化における地震リスクマネジメント手法の開発）（運営権での復旧・耐震の位置づけ）—

最初に、この空港運営にかかるリスクマネジメントということでございますけれども、先ほどお話しました運営権実施契約ということで、実はこの図で運営という赤枠の部分を取りあえずご覧いただきたいと思うのですが、左側に運営着陸料等の収受等ということで、運営の一番本体の部分、これは着陸料をいただいて収受して、それに基づいて空港を運営するという部分。

インフラに対してはこの運営権実施契約の中におきましては、その右側、維持管理、更新投資とございますけれども、滑走路と局部的な破損等の原状回復、それから滑走路等の耐震性向上等と。こういう所は実施権の購入した中で行うという形になっております。従いまして災害復旧であるとか、それから既存の施設では心配なので耐震性の向上を図るた



めに少し耐震強化の対策をしようといったことは全部いわゆる準民間の事業者が自らの資金でやらないといけないということでございます。施設そのもの、インフラそのものは、実は国にそのまま所有されているわけですが、こういった運営にかかる本体のところは日常メンテナンスも含めてこの新たに運営権実施契約をした民間事業者によっていただくということでございます。

—スライド（復旧・耐震の受皿）—

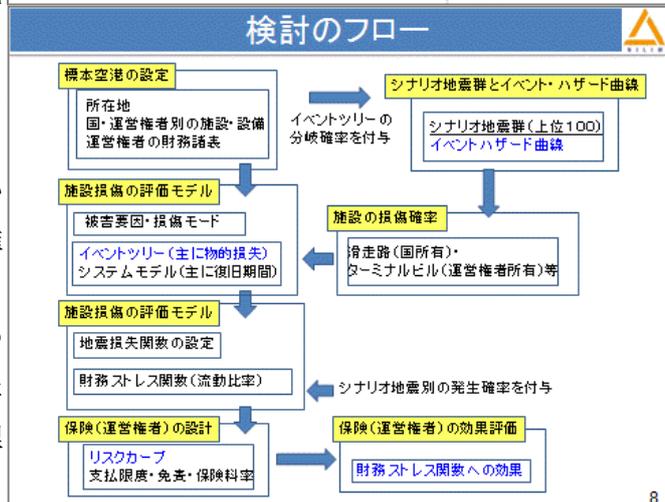
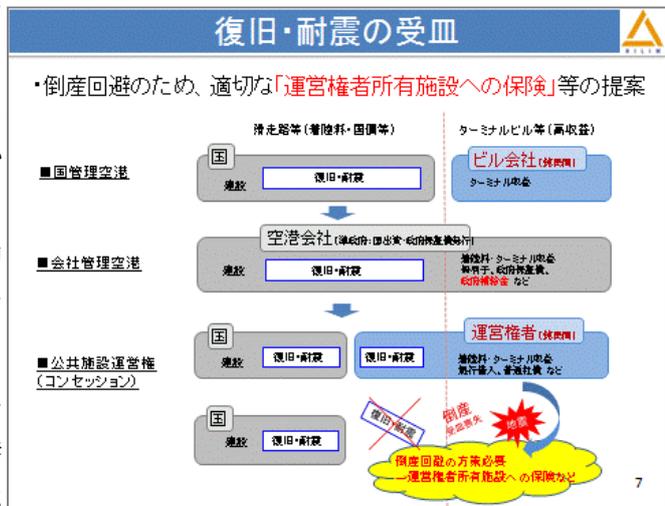
これは、今まで私どもが空港で行ってきたさまざまな事業スキームと比較してみたものです。明らかに一番下にございますように、一番肝の部分には特に防災対策。先ほどのそういった対策が十分な資金のもとでできればいいのですけれども、異常な地震等で破損が起こった場合に、本当にその事業者が復旧できるのかどうか、それで経営が成立するのかといったところが大問題になってくるわけです。一般にこういう場合は、皆様ご承知のように、損害保険というものが民間ではございます。簡単に言いますと、これからお話する内容はいわゆるこの空港の運営権者の空港運営の中で保険というものをどのように設定すればリスクが回避できるのかというところをご紹介したいと思います。

—スライド（検討のフロー）—

検討のフローですけれども、まず標本空港の設定というのがございます。これは標本空港をまず仮説的に設定して、その中で財務諸表、いわゆる流動資産とか流動負債というものと、項目を全部1つ1つ立ててそれを設定したうえで、そこにどういう資金の動きが発生するかと。

地震等が発生したときにどういう資金の動きが発生するのかというところを、シミュレーションするという方法で行っております。その場合に、シナリオ地震群とイベント・ハザード曲線ということで、まずその標本空港を設定した場所の地震の状況、さまざまな地震を重ね合わせる必要がありますけれども、それでどんな地震がどれぐらいの確率で起こるのかということを設定します。

それから合わせて下の施設の損傷確率というところですが、施設そのものがどういう確率で壊れるのかということも、これは地震と外力とは別途強度として設定する。この辺のやり方は、たぶん建築分野をご承知の方はほぼ似たような方法を使っておりますのでご理解いただける部分かなというように思いま



す。

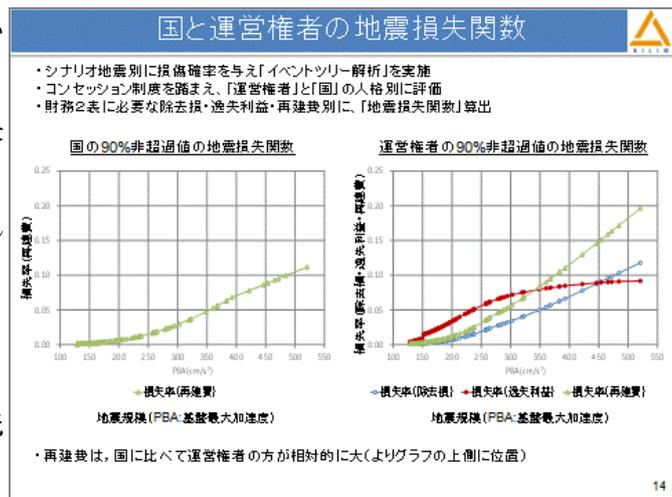
この2つの損傷確率とイベント・ハザード曲線が出てくるという一方で、施設損傷の評価モデルとして建物とか施設がどういう壊れ方をするかということとを全部設定してやると、それと先ほどの外力との関係から、施設損傷がどのぐらいの確率で起こるのか、その損傷が金額ベースでどれぐらいの金額になるのかということとを全部算定して損害額を出してくるわけです。

さらに、その損害額を補填するためにどの程度の保険金が必要になって来るか、それに対応する保険料はどの程度になるか、それが事業者をどの程度圧迫するのか、その保険で事業者の収支構造がどれぐらい改善するのか、といったところを検討したということとでございます。

—スライド（国と運営権者の地震損失関数）—

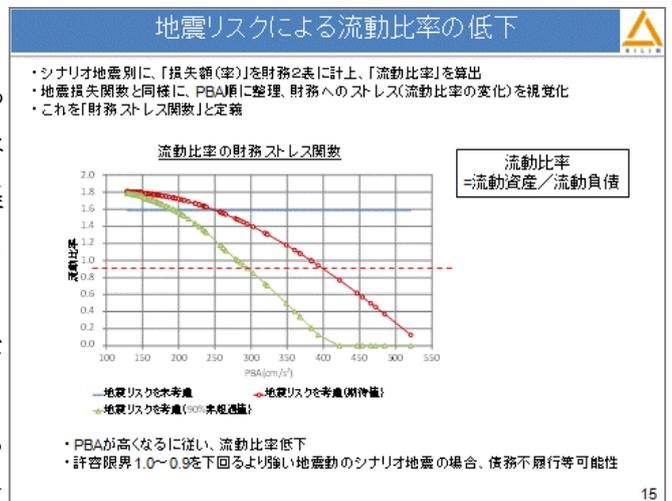
その計算結果に基づいて、実際にどういう損傷が発生するかというのを取りまとめた成果がこの図になります。両方とも図は横軸が地震の大きさ、基盤加速度面での地震の加速度ということで、縦軸は損傷率ということで、左がご覧いただきましたようにいわゆる損傷率で、実際に再調達価格分に対する損傷の大きさの比率ですけれども、それを地震の大きさに対してプロットしたもの。当然のように地震加速度が大きくなれば、こういうように損傷率が大きくなっていくということとでございます。

当然これは施設損傷だけではなくて、施設が損傷して空港が止まった結果遺失利益というのが当然発生しますので、右側の例えばこの赤の線がございますけれども、これが遺失利益に対応する部分。このように遺失利益、それから施設インフラそのものの損傷、これらをすべて計算して損害額を出していくことになります。



—スライド（地震リスクによる流動比率の低下）—

この損害額を大元に、先ほどの財務諸表で計算をした結果から、流動資産と流動負債、いわゆる主に流動資産という現金になるわけですけれども、それがどう変化するか調べます。この流動比率というのが通常会社の経営状況を表すかなり大きな指標になっているのです。よく使われる指標です。流動資産と流動負債の比が1を切るような状況だとかなり経営が厳しくなる方向になってくるといのが一般的に言われています。それでただちに会社が倒れるということではないので、そ



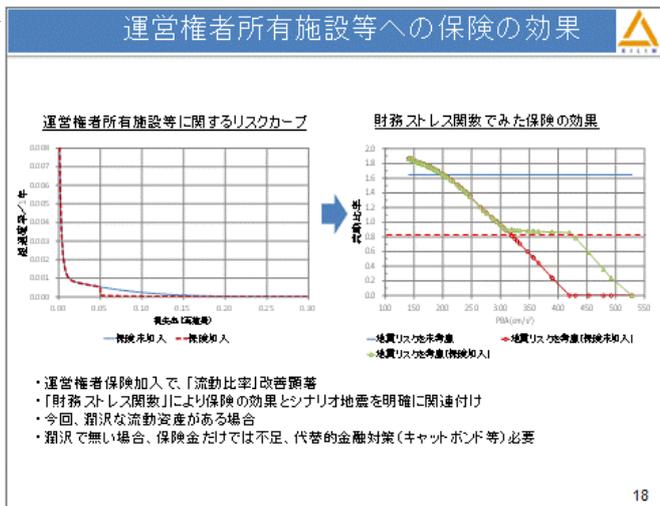
こは誤解の無いようにしていただきたいと思います。一般的な指標にして、こういう流動比率というのが生まれて、この流動比率をここでは財務ストレス関数と私どもは勝手に名前をつけておりますけれども、検討してみたわけです。

そうするとやはり横軸 300 のところを中心にして、地震のリスクを考慮した場合にだいたい 1 を切ってきます。地震のリスクを期待値で見るか、それとも 90% 指標か、さらに大きめの地震で見るか、それによってちょっと若干赤の線と、グリーンの線と変わってきますけれども、このような形で経営状況に地震が起こったことでどういう影響が出るかというのが試算できるということでございます。

これで実際に保険金が、この場合の試算ちょっと詳しい部分は省略させていただきますけれども、保険金が仮に 100 億必要ということであれば、これに対する保険料というのが試算できます。

—スライド（運営権者所有施設等への保険の効果）—

具体的にこれで保険金を被災した場合の財務諸表に織り込んでみて、実際に先ほどの流動負債、流動資産がどのように変わるか、流動比率がどのように変わるかというようにやってみたのがこの右側の図で、これによると地震がかなり大きな部分までこの流動比率が 1 を切らない水平な部分が出てくるということで、この保険金の効果が表れるということですが、このケースの試算ではかなり自己資金が多いというケースでやっていますので、実際にはこれだけのこの保険金だけではなかなか難しいのではないかと思います。



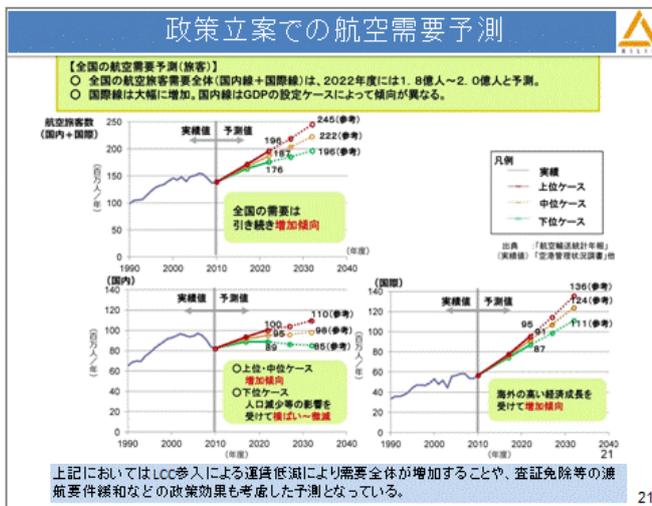
—スライド（地震リスクマネジメントまとめ）—

ちょっと時間をかけてご説明をしましたが、このように、空港の運営権実施契約にもとづく運営権者の経営状況をシミュレーションするような手法をいま開発しつつあるという状況でございます。

-
- 地震リスクマネジメントまとめ
- 運営権設定を踏まえ、国・運営権者の人格別に地震リスクを評価
 - 運営権者の倒産の可否を、地震損失関数を用いて流動比率で評価、財務ストレス関数を求める方法を提案
 - 保険純率の最小化を目標に、保険の設計方法（支払限度額・免責）を提案。財務ストレス関数で財務面での効果の評価方法も提案
 - コンセッション当事者が实在空港で再現できるよう、地震リスクの評価を体系化

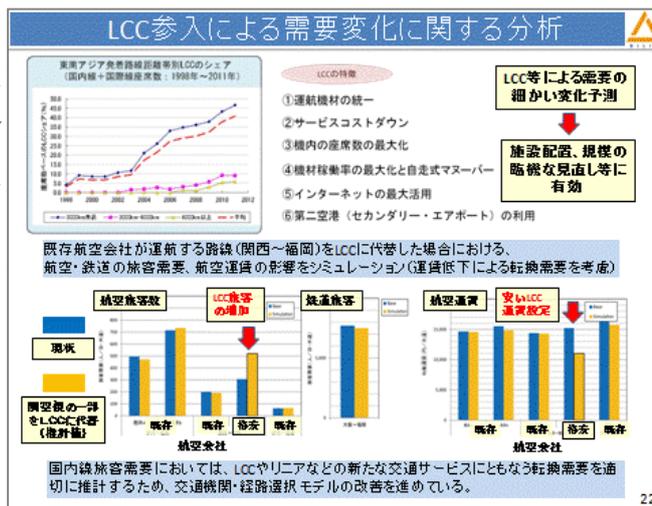
—スライド（テーマ2 航空需要予測手法の開発）（政策立案での航空需要予測）—

次はちょっとテーマが変わりますが需要予測ということですが、これは私ども先ほど申し上げましたように、今後とも特に国際線を中心として需要が大きく伸びていくだろうということですが、この図にありますように、オリンピックもございませうけれども、私どもで計算した結果を基にこういう本省での政策立案に生かされているということで、こういった中ではLCCの影響であるとか、さまざまな渡航要件の緩和策の効果なども考慮しながら計算しているわけです。



—スライド（LCC 参入による需要変化に関する分析）—

これはLCCによる需要変化ということで、下半分の一番右側の図にありますようにLCCの料金設定を安くして実際にそれでシミュレーションを回してやると、左端の図にあるようにLCCの旅客が実際に増加するというような計算も机上でできるようになってきているというところでございます。



—スライド（テーマ3 空港舗装の迅速な点検・補修技術）（空港舗装の効率的な探査）—

それから今度はインフラのメンテの部分に対する研究活動の内容のご紹介です。空港の場合、先ほど申し上げましたように、このようにどんどん需要が高まっている状況の中で、インフラのメンテに要する時間というのが非常に限られてきているという状況でございますので、これをいかに効率化、そして見落としなくやるかというところでさまざまな取り組みをしております。これは赤外線、これは他の分野でも使われていると思うのですが、こういった赤外線カメラを使って、



見落としのない現場のチェックをするというようにございます。

—スライド（スマートフォンを活用した現場での点検・評価の効率化）—

それから、これはスマートフォンを使ったものなのですが、なかなか現場に出ている人間は全部熟練者とは限りませんので、こういったスマートフォンで集めてきた情報を一端事務所のほうに転送してそこで熟練者が判断するという仕組みも構築していけるのではないかなということで、こういった情報ツールもそういった形で活用していくということに取り組んでおります。

スマートフォンを活用した現場での点検・評価の効率化

- スマートフォンの機能により効率的に現場点検記録を作成。
- データを事務所サーバに転送し、事務所で熟練者が一元的評価、判断等を行う。
- 点検作業時間の短縮と導入経費も軽減できるような配慮。
- 現場担当者ひとりひとりの点検検査の経験の差をカバーしつつ、適正な判断ができる点検・評価体制の構築が可能。経験者の十分な配置が困難な地方管理空港等への普及も。

○スマートフォンのカメラ、GPS等を活用し、現場作業を効率化

夜間運用等の合間を縫って点検作業を実施

現場取得データは事務所のサーバに送信、保存
サーバからは過去の記録を受信確認

25

—スライド（地震後の舗装下空洞の簡易探査技術）—

これは地震が起こった際に緊急時に点検する方法ということで、いわゆる振動ローラですね、これを走らせてそれで空洞の探査ができないかということです。右の図にありますように空洞がある場合は少し違った応答をするのでそれで判断ができるというようなこともできかけつつあるという状況でございます。

地震後の舗装下空洞の簡易探査技術

- 大規模地震発生後の滑走路等の早期供用再開に向けて、舗装強度の迅速な点検/評価が必要。
- 特別な機器を用いず、現地で比較的入手が容易と考えられる振動ローラを用いた舗装下の空洞探査、評価技術を検討。
- 南海トラフ巨大地震等影響が想定される地方管理空港等においても有用な技術としていく。

○振動ローラを用いた舗装の健全性評価手法の開発

【従来の】 FWD(支持力測定装置)による点検
【開発中】 現地調査の比較的容易な振動ローラ等による簡易かつ迅速な評価

標準部走行時

空洞部走行時

空洞部では高周波成分が大幅に減衰

26

—スライド（技術基準作成その他のとりくみ）（技術規準作成へのとりくみ事例）—

このほかいくつか、技術基準の作成であるとか、上の段の左側ですけれども、いくらメンテナンスを効率化といってもやはり施設の耐久性を高めるというのも、もう1つの方法で、やはり長寿命化を図っていくための方法。何しろ空港の飛行機の重量というのは非常に重いものですから、それに対応できるような耐久性のある舗装というのも研究していくというのも今後引き続き課題として大きいのかなと言うように思っております。

技術基準作成へのとりくみ事例

- 空港アスファルト舗装の長寿命化
 - 表層と基層の層間剥離対策 → タックコートの養生時間等の検討
 - 基層内の「砂利化」等の抑止対策 → 原因究明、雨水対策等
- グーリングの効率的施工
 - 舗装表面のグーリング(表面排水促進のための溝)切削のための舗装養生期間の短縮を図る。
 - すでに改良アスファルトの場合は従来の2か月を1か月に短縮。さらなる短縮について検討中。

設計・施工基準等の改良へ

- 空港舗装設計要領
- 空港舗装補修要領
- 空港土木工事共通仕様書
- 空港土木施設施工要領 等

理論的設計法と経験的設計法の統合

性能規定化にともない設計法の選択が増えたが、反復作用回数少ない領域での設計手法間の整合性に関する検討等を実施。

28

—スライド（技術支援・相談への対応）—

その他いろいろ技術支援、技術相談にも私ども対応しているという状況でございます。空港研究部は限られたメンバーではございますが、多方面にわたって活動を行っておりますのでまた引き続き皆様方のご支援、ご協力よろしくお願い申し上げます。雑駁ではございますがご報告に代えさせていただきますと思います。

ありがとうございました。

技術支援・相談への対応

技術相談・支援

- 技術相談. Ex.滑走路,誘導路,エプロン改修設計,地中埋設管の設計,舗装破損対応等.
- FWDデータの解析



研修の実施

- 空港計画コース
- 空港調査・設計コース
- 空港土木施設管理コース 等



技術相談・支援

- 各種委員会への参画
- ✓九州空港耐震検討
- ✓旭川空港エプロン検討
- ✓伊丹空港舗装検討
- ✓成田空港舗装検討 等

29

3.9 激甚化する水災害へのITC戦略（河川研究部 鳥居 謙一）

皆さん、こんにちは。ただいまご紹介いただきました国総研の河川研究部長をしております鳥居でございます。本日はこういったタイトルで少しお話をさせていただければというように思います。

最初に皆さんにご協力いただきたいのですが、スマートフォンをお持ちの方ちょっとお手を挙げていただけないでしょうか。世の中こういう状態で一般的に5割の人がスマートフォンを持っているという状態の中で、われわれの戦略としてもそういったものをターゲットにしながら今後情報をどうやって提供していくのか、あるいは情報の品質をわれわれはどう考えて出していくのかということが、これから重要になるのではないかと踏まえ、今回あえてITCというタイトルをつけさせていただいております。

それでは本題に移らせていただきます。



写真-12 河川研究部 鳥居 謙一



—スライド（総雨量1,000mmを超える豪雨が月に2回）—

まず、今年の災害のレビュー、振り返りですけれども、今年8月にはこの1,000mmを超えるような豪雨をもたらした台風が2連発。11号、12号によりまして、1,000mmを超えるような雨をもたらせて水害や土砂災害が発生したということで、私は四国が長いのですが、四国でもこの那賀川流域の阿南で小学校の1階部分が浸かるような大浸水になったり、あるいは高知の仁淀川の支川のいの市という所ですが、そこでもこのぐらいの大浸水になったりということで、このときは死者5名、全壊10戸というような激甚な災害を発生させております。

総雨量1,000mm以上の雨をもたらした台風11号・12号により、水害・土砂災害が発生

被害の概算(全国)			
死者	5名		
全壊	10戸	床上浸水	1,562戸
半壊	9戸	床下浸水	4,402戸

高知県伊野市の浸水被害 徳島県阿南市の浸水被害

※：高知県 粟津観測所(台風12号:1,360mm以上)、黒塚観測所(台風11号:1,080mm以上)

—スライド（時間雨量 50mm を超える豪雨が各地で発生）—

また、今年是全国で時間 50mm を超えるような豪雨も各地で発生いたしました。例えば 7 月には南木曾町で時間 76mm の豪雨です。8 月には南陽市で時間 52mm、8 月の福知山では時間 62mm の災害、そして 8 月の広島では時間 101mm の豪雨をもたらし 74 名の尊い命が失われたということでもあります。



—スライド（激甚化する水災害への対応）—

30 年前に比べまして、だいたいこの時間 50mm を超える豪雨の発生は 1.4 倍ぐらいの発生の数になっているというように言われております。このような災害が激甚化している中で、「新たなステージ」に入っているとされておりまして、そういった激甚化する水災害に対して、きょうは特にこの情報通信技術をどうやって使っていけば、より安全なのかというお話をさせていただきたいと思っております。

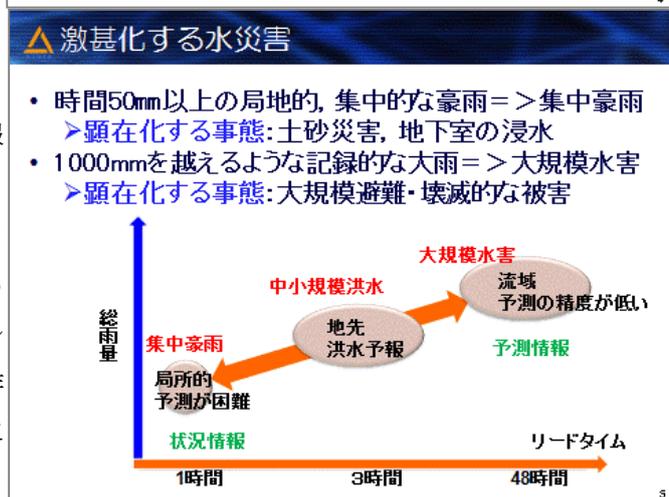
△ 激甚化する水災害への対応

- 1000mmを越えるような記録的な大雨や時間50mm以上の局地的、集中的な豪雨が頻発。雨の降り方が局地的、集中化、激甚化している。災害が激甚化しており「新たなステージ」に入っている。
- 国総研において、短期的な観点から中長期的な観点まで、様々な防災・減災対策について研究に取り組んできたが、**情報通信技術(ICT)の活用**について考える。

—スライド（激甚化する水災害）—

まずお話をする前に、水災害の特性と情報の関係について見てみたいと思います。

このグラフは横軸が時間、縦軸が総雨量というものを示したものであります。いわゆる集中豪雨といったものは、短時間に 200～300mm ぐらいの雨が降るということで、非常に局所的に起こるといふことと、短時間に起こるといふことは非常に予測が困難だといふ性格を持っているといふ中で、やはり状況情報といふのを的確にどうやって住民に伝えるかといふことが非常に重要になる災害であるといふことです。



また大規模災害というのは、流域ぐらいの大きさの広いエリアに 2～3 日かけて雨が降って、それで災害が発生するということ、時間的には結構余裕があるのですけれども、何せ時間が非常に長いということで予測情報を使わなければいけないけれども、この予測の精度が低いというような特性があります。

このように災害によりまして情報の性格が違うということで、こういったことを踏まえているというITC戦略については考えていかなければいけないということで、きょうは集中豪雨と大規模水災害に分けて議論を進めていきたいなと思います。

—スライド（集中豪雨）—

最初に集中豪雨についてであります。集中豪雨で今回対象にしようと思っているのは、地下室の利用者の安全であります。地下室の利用者は地上の雨の状況が把握できない、あるいは浸水の状況を把握できないといったところから、気が付いたときにはすでに水が来ていて犠牲に巻き込まれるというような事態に発展するわけです。そういった意味で、ここでは地下室の利用者に危険をどうやって知らせて、避難行動を取っていただくためにはどうすればよいのかということについてまず考えてみたいと思います。

—スライド（XRAINで観測された広島豪雨（2014年8月20日））—

まず、考えるにあたって現在こういった情報が提供されているのかということ整理いたしました。1つはわれわれがゲリラ豪雨対策として整備してきたXRAINであります。これについては250mメッシュ、しかも1分更新でデータを発信しているという状況であります。もともとXRAINというのは、平成20年神戸の都賀川で発生したゲリラ豪雨で小学生、あるいは園児が亡くなったことを受けて整備したMPレーダーでございます。そういった意味で集中豪雨との親和性が高い情報を提供しているということでございます。

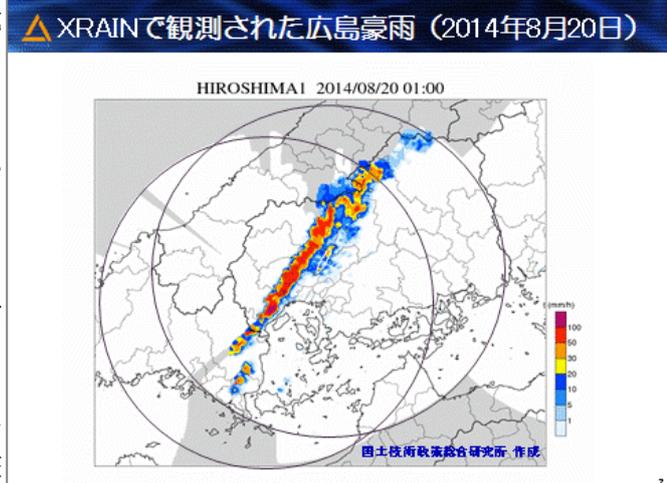
△集中豪雨

➤問題設定:地下室の浸水

- ハザードマップ, 防災訓練等, 様々な措置が講じられている.
- 様々な情報が様々な手段で提供されている



平成11年福岡豪雨(国交省HPより)
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/1999/html/sete001.htm



△メールサービス, ハザードマップ

六甲山系「降雨状況通知システム」(試験運用中) 六甲砂防事務所



メールが届いたら急な斜面には近づかないようにしましょう!

詳しい雨の状況はWEBで確認

江戸川区 内水ハザードマップ

—スライド（メールサービス、ハザードマップ）—

2点目がメールサービス系ですが、さらに六甲砂防では XRAIN と情報通信技術を組み合わせて、登録した人に設定した地域に強い雨が降った場合にアラートメールを配信するというサービスを展開しているというような状態。あるいは内水のハザードマップについても平成18年に「内水ハザードマップ作成の手引き」を公表しまして、現在264の市町村でこういった内水を対象にしたようなハザードマップが整備されているということで、かなりリスク情報というものは提供されているという状況があるということをまず認識しておかないといけないと思います。

—スライド（メールサービス、エリアメール）—

さらに、メールサービスということで多くの県や市町村が、登録制ではありますが登録した人に対して市町村が発信する避難勧告の情報とか、そういったものをメールで発信する。

あるいは、エリアメールというものを使いまして、強制的にあるエリアにいる人たちに対して携帯にメールを発信するというシステムを導入している市町村もあるということでもあります。

ですので、皆さんきょうスマホをかなりの方が持っておられましたけれども、きちんと登録いただければきちんと避難情報がお手元に届くという状況にすでにあるということでもあります。



—スライド（スマートフォンの位置情報サービスを活用した防災情報の提供例）—

さらにスマホの場合にはスマートフォンの位置情報サービスを利用いたしまして、情報を提供するというサービスも、これは民間企業ベースでありますけれども、無料で提供されています。近くで強い雨を気象庁が予測すると、その情報を皆さんのお手元に配信するというシステムが民間ベースで提供されているという状況であります。



—スライド（情報の伝達手段）—

いままでお話ししてきたことをまとめますとこの表のようになりまして、いままで喋って来たのは少しハイテク系のお話ですが、ローテクである伝言、あるいは防災無線というものもあるわけであり、私は決してローテクが悪いというわけではないと思っています。ローテクでありますけれども、対面、あるいは肉声ということであって、かなり切迫度、緊迫度をもって情報を伝える手段としては非常に

△ 情報の伝達手段			
手段	例	+	-
伝言	消防団、自治会	個人、対面、強制	途絶、二次災害
防災無線	屋外スピーカー	地区、肉声、強制	不達
防災無線	戸別受信機	地区、肉声、強制	費用
携帯メール	防災情報メール	地区、電子、自主	個人端末、非防災
エリア・メール	つくば市	地区、電子、半強制	個人端末、非防災
スマートフォン	Y*h** 防災速報	個人、電子、自主	個人端末、非防災

伝達手段: スマートフォンにより個人を特定して情報を正確かつ即時に伝えることが可能.
スマートフォン品質の情報:リアルタイムでピンポイントの情報.

重要ではないのかなど。あるいは伝言もこういった伝言をきちんと伝わる地域をやはり今後も維持していくことが、防災上非常に重要であるということで、これを決して否定する気はありません。これも大切な情報ツールだと思います。

さらに、こういった新たなハイテク系のツールをどうやって使っていくのかということが重要で、こういったものは一斉に情報を提供するという意味では非常に有効だということに思いますが、一方で電子媒体ということで切迫度がなかなか伝わり難いということがあります。ですので、切迫度を伝えるということで工夫が必要だと思います。

あともう1点。スマートフォンをたくさんお持ちでしたけれども、スマートフォンというのは個人を特定して、情報を正確かつ即時に伝えることが可能であり、非常にゲリラ豪雨対策としては有効なツールではないかなというように思います。そういったスマートフォンといったものとおして、やはりスマートフォンに合った、この品質に合った情報、リアルタイム、あるいはピンポイントといった情報を今後流していくことが情報提供の分野では極めて重要になるのではないかなというように思います。そういった意味で、情報をスマートフォン品質に直していく。

—スライド（伝達する情報）—

特に雨のほうは先ほど XRAIN でお話ししたように 250m メッシュ 1分という高解像度になっておりますけれども、まだまだ水位の情報については 10 分、しかも 1点の水位観測所の情報を提供しているということでもありますので、そういった意味で水位情報の分解能の向上にチャレンジしていきたいというように考えております。

△ 伝達する情報					
	情報	空間解像度	時間解像度	予測時間	
雨	現在	XRAIN	250m	1分	
	予測	降水ナウキャスト	レーダー:1km 高解像度:250m	5分	1時間先
		降水短時間予報	1km	30分	6時間先
水位	現在	川の防災情報	水位観測所	10分	
	予測	洪水予報	水位観測所	随時	3時間程度

洪水予報文:○○川の○○水位観測所では
 ○:○頃には氾濫危険水位に達する見込みです。
情報: 雨は高分解能. 雨から避難のトリガーとなる水位情報へ翻訳. スマートフォン品質へ
 => **水位情報の分解能の向上にチャレンジ**
 => **状況情報, 対象者の絞り込み**

—スライド（集中豪雨）—

以上までが集中豪雨の関係の整理でありますけれども、これからは住民が地域と情報をもとに自主的に避難をするといったような社会を目指していくべきだろうと。そのためにも、自主避難のトリガーとなるような情報を作っていないといけない。私はこういった情報が市町村の防災担当者にとっても非常に有効なのではないかと思えます。やはり行政と市民が同じ

△ 集中豪雨

▶ 問題設定: 地下室の浸水

- ・ハザードマップ, 防災訓練等, 様々な措置が講じられている.
- ・様々な情報が様々な手段で提供されている
- ・避難勧告が発令されても直ちに避難行動に結びつかない

住民が知識と情報をもとに自主的に行動する。

- ・避難のトリガーとなる情報が必要
＝防災担当者にも分かりやすい
- ・即時性・高解像度の水位・浸水情報
- ・情報リテラシーの向上

13

ような感覚を持つということ、意識を一致させるといった意味で難しい情報だけではなくて、分かりやすい情報を提供していくといった意味からしても、こういった即時、あるいは高解像度の水位・浸水情報というのが極めて有効ではないかなというように思っております。

また、こういった技術だけではなくて、やはり人の命を守るといったことから、こういった情報をどうやって使うのかといった意味で情報リテラシーの向上ということで、現場ニーズと現場の関係のコミュニケーションを通じていいものを作って行くという努力が必要なのではないかなというように考えております。

—スライド（大規模水害）—

次は2点目の大規模水害の関係であります。内閣府が利根川の首都圏広域水害の想定を発表しまして、421万人の大規模避難が必要であるということになりました。ですので、大規模避難、あるいは壊滅的な被害をどうやって防ぐかということの問題として設定します。

△ 大規模水害

▶ 問題設定: 大規模避難・壊滅的な被害

- ・大規模避難を実施するためには48時間前に判断する必要がある.
- ・長期予測に基づく大規模避難を実施した経験がない.

的確にタイムラインを発動, 運用する

図表 16 全ての堤防決壊パターンによる浸水想定区域内の要避難者数の想定結果

条件1 居住区域が浸水する人口を最大浸水率と各メッシュの総乗算人口から算出
条件2 浸水継続時間の日以上となる人口を算出

利根川首都圏広域はん濫(内閣府)

14

ここでポイントになるのが、この「タイムライン」という言葉でありまして、タイムラインを発動し運用するということが極めて重要になってまいります。

大規模水害に関するタイムライン（防災行動計画）の流れ

※タイムラインに関する関係機関、防災行動は多岐にわたりますが、本イメージは国土交通省の広域水害対策と連携して整理したものであり、関係機関

—スライド（大規模災害に関するタイムライン（防災行動計画）の流れ）—

タイムラインの例として、こういったものがございます。38時間ぐらい前に広域避難を開始しなければいけないとか、18時間

前にダムの事前放流をしなければいけないとか、あるいは公共交通機関も9時間ぐらい前に運航を停止しなければ間に合わないというようなタイムラインのイメージが示されています。

このようなオペレーションは基本的には雨が降っている前でありますので、予測情報に基づいて順次オペレーションが行われていくということであります。そして予測のベースになっているのが、こちらに書いてある気象庁が発表している予測情報であります。84時間前の予測降雨からずっと6時間、1時間となるほど精度がよくなっていくわけです。気象庁は、予測情報を提供しているということであります。

そして防災機関がオペレーションを的確に行うためには、この雨の情報ではまだ不十分でありまして、これを水位情報に変換してようやく防災機関が使えるようになるということであります。そのためにこういった水位情報を変換すると言ったことが極めて重要であるということであります。

きちんとオペレーションするためには、きちんと現場状況が把握されているということと、予測情報がきちんと提供されているということの2点が重要だということに考えています。

—スライド（洪水監視・はん濫監視・浸水監視）—

この表はその監視に対する対象と目的と方法について整理したものでありますけれども、ここで新しい技術としてアドホックネットワーク簡易水位計という技術がございます。

—スライド（アドホックネットワーク型簡易水位計）—

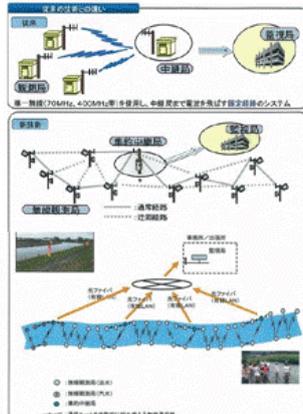
これはここに書いてありますが、無線で水位データのネットワークを自動的に構築して、多数の水位計をリアルタイムでオンライン化することが可能になるということであります。

いま直轄等で整備されているのは、やはり一箇所当たり非常にお金がかかるので

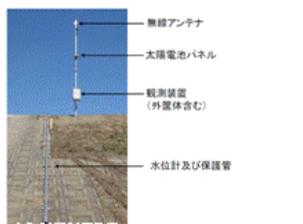
△洪水監視・はん濫監視・浸水監視

対象	目的	方法
洪水	水位、越流 堤防の洗掘、構造物の変状	巡視、CCTV 水位計、アドホックネットワーク簡易水位計
はん濫	堤防の変状、漏水、破堤	巡視、CCTV、センサー
浸水	浸水範囲	巡視、CCTV 浸水センサー

△アドホックネットワーク型簡易水位計



アドホックネットワーク簡易水位計:
無線で水位データ通信ネットワークを自動的に構築する機能を有しており、多数の水位計をリアルタイムでオンライン化することが可能。



大塚山阿川早稲吉
NETIS1通信ルートを自動的に組み替える無線通信を用いた水位センシングシステム

△洪水監視・はん濫監視・浸水監視

対象	目的	方法
洪水	水位、越流 堤防の洗掘、構造物の変状 洪水予測、氾濫流量予測	巡視、CCTV 水位計、アドホックネットワーク簡易水位計
はん濫	堤防の変状、漏水、破堤	巡視、CCTV、センサー
浸水	浸水範囲、 浸水予測	巡視、CCTV 浸水センサー

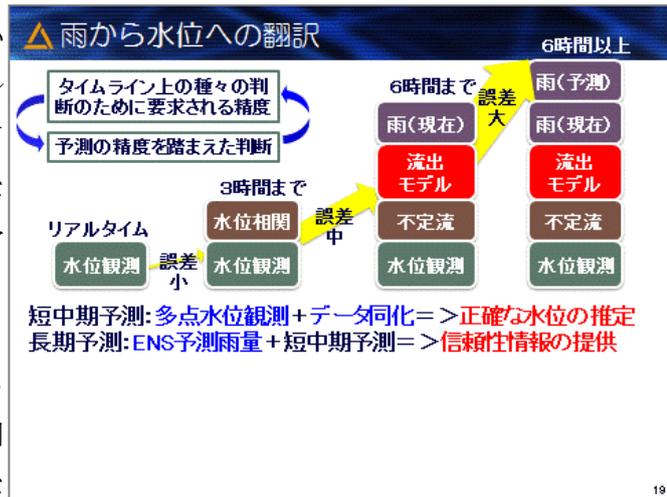
センサーの低価格、情報通信技術の発展、
画像解析技術の進歩
=> 高感度な監視体制の構築にチャレンジ
=> 避難範囲の絞り込み、状況情報の提供

整備個所が少ない、限られているということになりますけれども、これですと多くの簡易型の水位計を設置してそれをネットワークするというので、非常に多点の水位観測を可能とする技術ではないかというように考えております。

こういったものを使うことによって、高感度の監視体制をまず構築することができるのではないかなというように考えております。

—スライド（雨から水位への翻訳）—

次が予測関係でございます。予測についてはこうやってこちらにいくほどリアルタイムで、だんだん予測時間が長くなっていくわけでありまして、どうしても長くなればなるほどいろいろな技術を使って予測をしていかなければならないということで、だんだん誤差が増えていくということになっているわけでありまして。そういった中で、やはり短・中期、いわゆる6時間ぐらいいままでについてはどうしても正確な

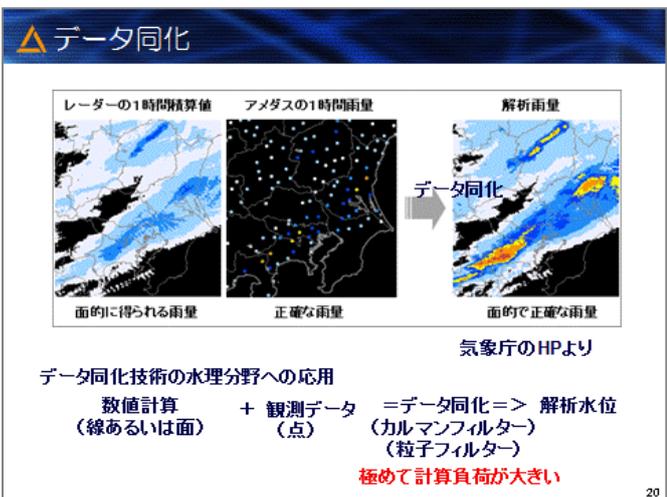


水位予測が必要であろうということで、正確な水位予測を目指して技術を磨いていかないといけない。その中の中核になる技術が、先ほど申し上げたような多点水位観測とデータ同化技術というものを組み合わせることで精度を上げていくことではないかなと考えております。

また、次の長期予測については、どうしても予測雨量というものを活用することになります。この雨量の長期予測の信頼性を向上させるにはある程度限界があり、やはりこの信頼性の情報をなんとか提供していく、併せて提供することによって行政判断を正確に行うことが必要であろうと。

—スライド（データ同化）—

データ同化というのは、気象の分野で皆さん解析雨量と言う言葉を聞いていらっしゃると思いますが、レーダーと地上の観測雨量をうまく合わせて、正確な面的な雨量を推定する技術です。これを水理分野にも応用しまして、数値計算と先ほどの多点観測データを同化させて、解析水位として連続的な正確なデータを作っていくというようなことが可能な時代になっているということでもあります。



—スライド（粒子フィルターを用いた洪水予測のイメージ）—

その中のデータ同化技術としてよく使われるのが粒子フィルタというもので、こういった形で、これは300点の粒子を使っていますけれども、300点で予測します。見ていただきたいのは黒い線が実際の実流量で、赤い線が粒子フィルタを加えたときの予測、そして緑が現況の予測結果で、かなり予測を正確にすることができるようになるのではないかなということがあります。

—スライド（アンサンブル(ENS) 予測雨量計算結果事例）—

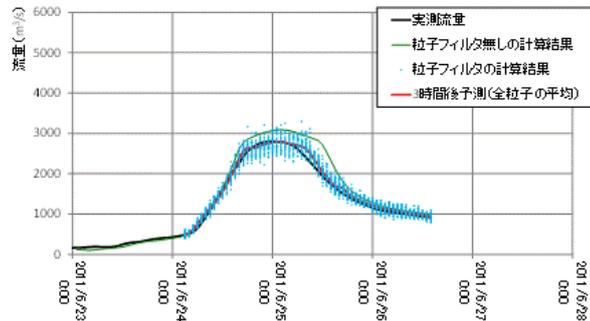
長期予測のほうの信頼性情報の付与についてでありますけれども、これについてはアンサンブル(ENS)というものを使うわけでありまして。これがアンサンブル結果で20の予測をこれは出力しているということでありまして。

8月31日を起点に84時間先について20のパターンの予測を出しているということでありまして。この予測雨量を用いて、例えばアンサンブル予測雨量を用いた洪水予測のイメージとしてはこういった形で予測結果が得られるということでありまして。

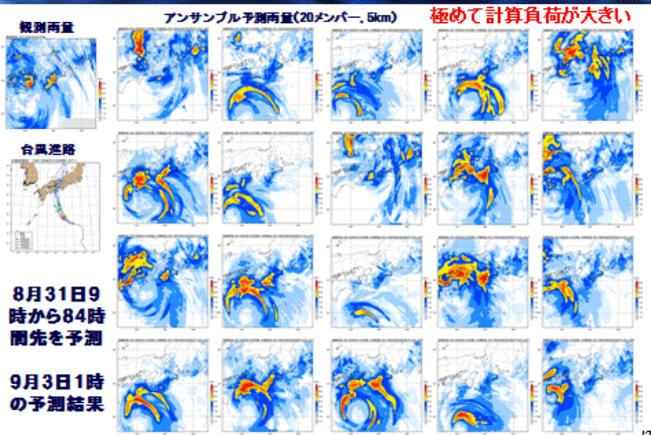
—スライド（雨から水位への翻訳）—

従来ですと、洪水予測というのは1つの線しか与えられなかったのです。その結果、それに含まれている不確かさというものなかなか認識することができなかったと思いますけれども、こういった形でデータを出力することによって、例

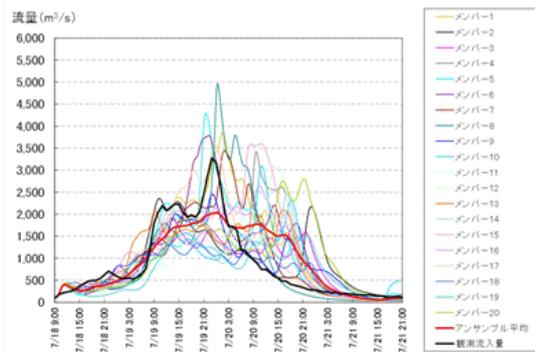
△ 粒子フィルターを用いた洪水予測のイメージ



△ アンサンブル(ENS) 予測雨量計算結果事例



△ ENS予測雨量を用いた洪水予測のイメージ



△ 雨から水位への翻訳



短中期予測: 多点水位観測+データ同化=>正確な水位の推定
 長期予測: ENS予測雨量+短中期予測=>信頼性情報の提供

監視技術の進歩、計算処理能力の向上
 => 高精度な洪水・浸水予測にチャレンジ

例えば 20 の予測の中の平均値（赤いライン）で評価するのか、あるいは安全側で一番外側で行くのか、一番低めで行くのかということが、行政判断上求められるわけでありまして、そういった議論をすることによって予測をどう使うのかということのディスカッションが現場サイドでできる。こうやって技術と現場とのコミュニケーションができるツールとして、このアンサンブルは極めて重要ではないかなというように考えております。そしてそういったデータを出していきたいというように考えております。

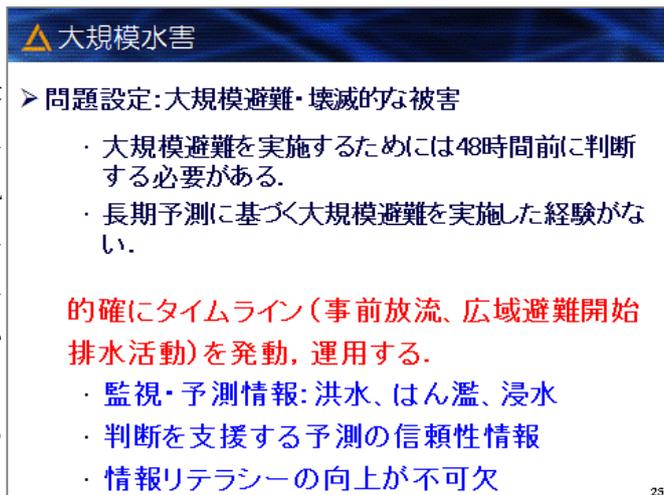
—スライド（大規模水害）—

こういった技術を活用しまして、高精度な浸水あるいは洪水予測にチャレンジしていきたいというように考えております。こちらが大規模水害のまとめでありますけれども、基本的には的確にタイムラインを発動、運用するために必要な監視・予測というものを高度化していく。しかも予測については判断を支援するような信頼性情報をきちんと提供して、行政がその情報を踏まえて予測をどう使うのかということ判断できるような状態にしていきたいと。

いずれにしても、そういった予測とどうつきあっていくのか、予測の不確実性をどう認識して使うのかというリテラシーについては、われわれ研究機関と行政機関の間でコミュニケーションしながら、何が一番正しい判断なのかということディスカッションしていくことが極めて重要だろうというように考えております。

—スライド（戦略的イノベーション創造プログラム（SIP））—

それで、チャレンジしますと言っていました。こういったプロジェクトが今年からスタートしております。これはSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）というわが国のイノベーションを支える重要研究としてこの研究が認められまして、先ほどから説明しているのが、この予測・観測データを用いた高精度な河川水位・氾濫の予測という研究に取り組むことになっておりまして、3年で基礎技術を、さらにプラス2年で実用化することがこのプロジェクトの大きな課題になっておりまして、5年後にはきちんと皆さんのところにこの技術をお届けできるようにわれわれ頑張っていきたいと考えております。



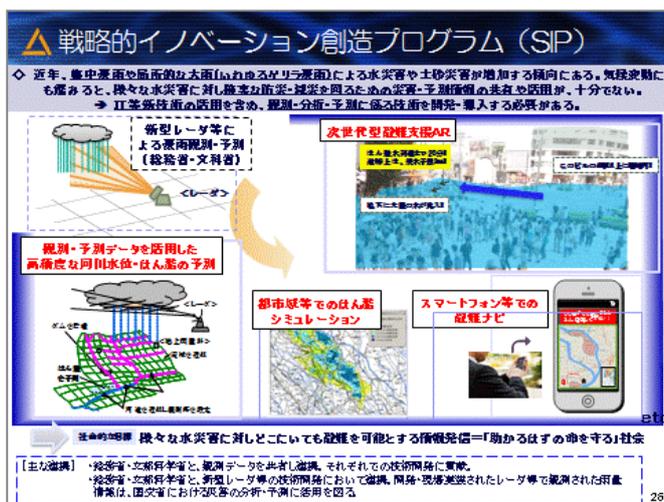
大規模水害

▶ 問題設定：大規模避難・壊滅的な被害

- 大規模避難を実施するためには48時間前に判断する必要がある。
- 長期予測に基づく大規模避難を実施した経験がない。

的確にタイムライン（事前放流、広域避難開始排水活動）を発動、運用する。

- 監視・予測情報：洪水、はん濫、浸水
- 判断を支援する予測の信頼性情報
- 情報リテラシーの向上が不可欠



戦略的イノベーション創造プログラム（SP）

◆ 近年、集中豪雨や急激な大雨（いわゆるゲリラ豪雨）による水災害や土砂災害が増加する傾向にある。気候変動にも影響を受け、様々な水災害に対し、様々な防災・減災を図るための実用・予測情報の共有が、十分でない。
→ 江革強技術の活用を含め、観測・分析・予測に係る技術を開発・導入する必要がある。

新型レーザ等による降雨観測・予測（観測者・文科者）

次世代型避難支援AR

観測・予測データを活用した高精度な河川水位・はん濫の予測

都市部等でのはん濫シミュレーション

スマートフォン等での避難ナビ

注目の技術 様々な水災害に対しどこにいても避難を可能とする情報発信＝「助かるはずの命を守る」社会

【主な連携】
・観測者・気象庁等と、観測データと共有し連携。それぞれの技術開発に貢献。
・気象庁・気象庁等と、新型レーザ等の技術開発において連携。開発・実用化されたレーザで観測された雨量情報は、国や省における災害の分析・予測に活用を図る。

—スライド (まとめ) —

最後、まとめでありますけれども、激甚化する災害に対応するために、1つはやはり集中豪雨には迅速な避難、あるいは大規模水害についてはタイムライン運用というために必要な情報がそれぞれ違うものがあるという中で、集中豪雨については高精度な洪水・氾濫・浸水の監視技術。あるいは大規模水害でしたら予測精度の向上、あるいは信頼性の評価ということをきちんと技術的なサポートしていきたいと思っておりますし、また行政機関、あるいは市町村の方々といろいろディスカッションしながら、この防災リテラシーの向上のためにどういうことができるのかということも一緒に考えていければなというように考えております。

以上で私の講演を終わらせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。

△まとめ

激甚化する災害に対応するため、迅速な避難やタイムラインの運用に必要な情報が益々重要。

(1)センサーの低価格、情報通信技術の発展、画像解析技術の進歩、計算処理能力の向上
=> 高感度な洪水・はん濫・浸水監視

(2)監視技術の進歩、計算処理能力の向上
=> 洪水・浸水予測の精度向上、信頼性評価

(3)スマートフォンの活用、予測情報の活用
=> 情報リテラシーの向上が不可欠

27

ご清聴ありがとうございました。

3.10 下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向 (下水道研究部長 高島 英二郎)

下水道研究部長高島でございます。よろしくお願いいたします。

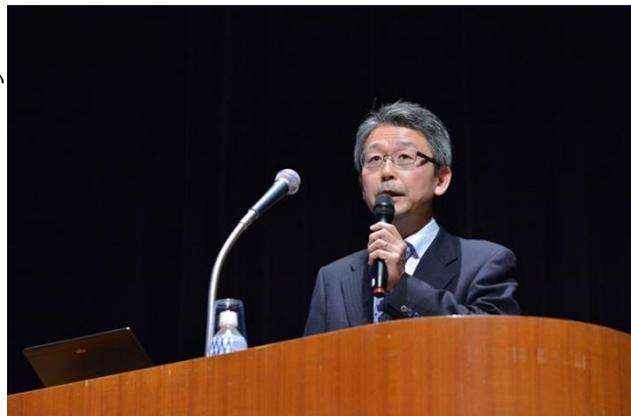


写真-13 下水道研究部長 高島 英二郎

私のほうからは「下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向」について、報告をいたします。

—スライド（下水道の役割）—

まず、下水道の役割の変遷です。一番上が明治33年、最初の下水道法が制定されたときの下水道の目的は「土地の清潔の保持」が目的でした。その後、昭和33年に下水道法の全面改正がありまして、「都市の健全な発達、公衆衛生の向上」これが下水道法の目的になったわけです。その後、水質汚濁が著しく進みまして、昭和45年のいわゆる公害国会で「公共用水域の水質保全」が下水道法の目的として追加されたわけです。

その後も下水道の役割というのは多彩なものになってきております。下水道法の目的規定はその後の追加はされていませんが、きょうの題目であります「下水道資源等の有効利用」でありますとか、「健全な水環境、資源循環を創出」など、「循環のみち下水道」への転換が目指されています。

—スライド（下水処理場のフロー例）—

次は下水処理場のフローです。大きく水処理と汚泥処理から成るわけです。最初沈殿池、最終沈殿池と2つの沈殿池がありまして、その間に生物処理、ここを反応タンクと言い、エアレーションを行い生物を活発に働かせるというプロセスがあります。最後に消毒して処理水を放流します。

下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向

下水道研究部長
高島 英二郎

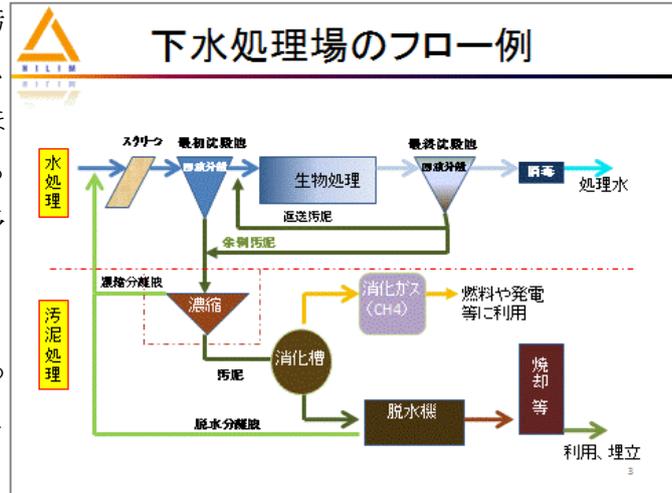
国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

下水道の役割

背景	下水道の役割
コレラの流行、浸水問題	土地の清潔の保持
生活環境への関心の高まり	都市の健全な発達 公衆衛生の向上
河川や海等の水質の悪化	公共用水域の水質保全
省エネ・リサイクル社会の到来	下水道資源等の有効利用
潤いのある空間への関心の高まり	健全な水循環・水環境の創出
安全・安心へのニーズの高まり	都市浸水対策の強化
都市型水害の頻発 進まない閉鎖性水域の水質改善	広域的な雨水排除 流域単位での高度処理の推進
地球温暖化への対応 循環型社会の構築	健全な水環境・資源循環を創出する 「循環のみち下水道」への転換

それから汚泥処理のほうは、沈殿池で沈殿させた汚泥を濃縮、それから消化・脱水・焼却というプロセスがあります。このうち濃縮・脱水というプロセスはほとんどの処理場で設けられていますが、消化それから焼却というプロセスは設けられていない処理場も多くあります。

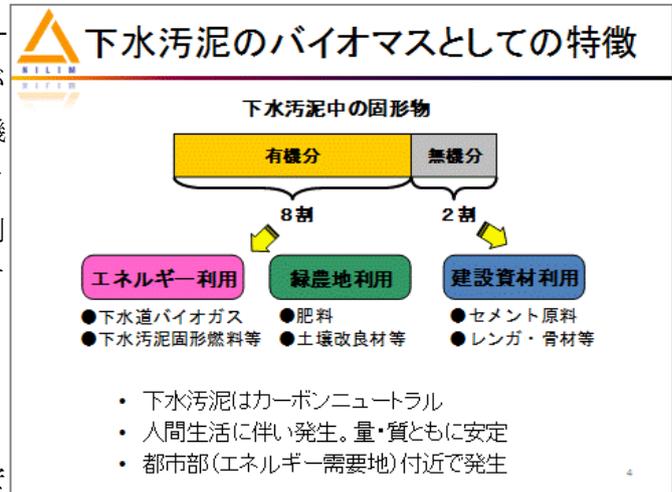
脱水のときに汚泥の水分を絞る際に、脱水分離液というのが出ます。これが水処理のほうに戻るわけであり、これが水処理のほうに悪い影響を与えるということもあります。



—スライド（下水汚泥のバイオマスとしての特徴）—

次に下水汚泥中の固形物についてですが、有機分が8割、無機分が2割という割合になっています。有機分のほうはエネルギー利用として、バイオガス（メタンガスが主体）、それから汚泥の固形燃料といった利用方法があります。それから緑農地に肥料などとして利用する方法。無機分の利用としては建設資材利用、セメント原料等の利用方法があるわけです。

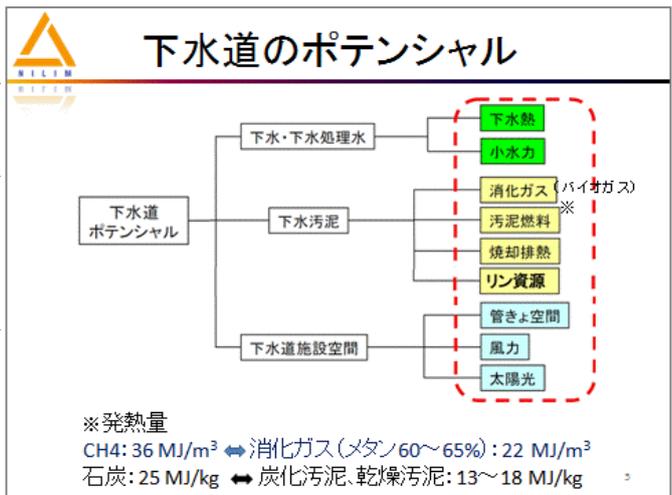
下水汚泥はカーボンニュートラルであるとともに、また人間生活に伴って発生し、量・質ともに比較的安定しています。それから下水処理場で発生しますので、都市部（エネルギー需要地）の近くで発生するというメリットがあるわけです。



—スライド（下水道のポテンシャル）—

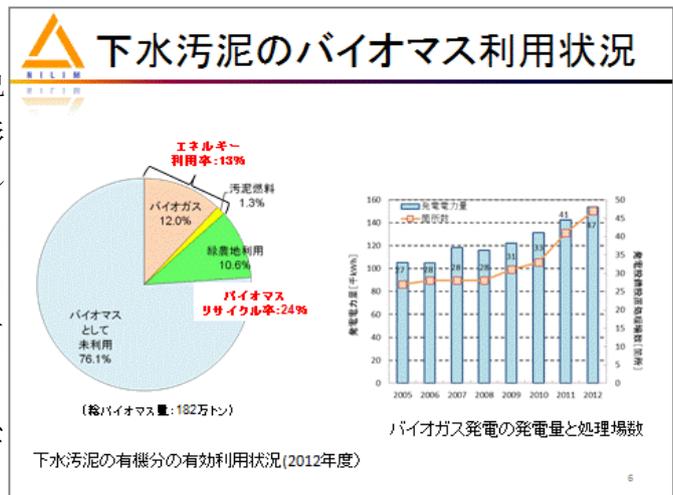
次に下水道の資源・エネルギー関係のポテンシャルです。上が下水・下水処理水です。書いていませんが、下水処理水の再利用も下水道の資源です。それから下水には都市の排熱が多量に含まれており、下水熱利用というのがあります。

それから下水汚泥のほうですと、消化ガス（バイオガス）、汚泥燃料などがあります。これらの発熱量については、消化ガスはだいたい60%～65%がメタンです。純粋なメタンは、1立米当り36MJ/m³の熱量があるため、消化ガスはだいたい22MJ/m³ということになります。それから一般的な石炭は25MJ/kgですけれども、炭化汚泥、乾燥汚泥のポテンシャルはだいたい13～18MJ/kgであり、これは燃料として十分使える熱量を持っているわけです。



—スライド（下水汚泥のバイオマス利用状況）—

次に下水汚泥のバイオマスの現在の利用状況です。左の円グラフは現在のバイオマスとしての利用状況であり、バイオガスが使われているのが12%、固形燃料として使われているのが1.3%。併せてエネルギー利用率としては13%。それから緑農地の肥料として使われているのが10.6%、これらを合わせるとバイオマスリサイクル率としては24%に留まっている段階で、まだ未利用が76.1%もあります。リサイクル率を高めていくことが国としての課題になっています。



右のグラフは、バイオガス発電の状況です。この折れ線グラフ、オレンジのほうは消化ガスによる発電を行っている処理場の箇所数。2012年現在で47箇所になっています。それに伴い、発電の電力量も増えているという状況であります。

—スライド（下水道革新的技術実証事業（B-DASHプロジェクト））—

次に「下水道革新的技術実証事業、B-DASHプロジェクトと呼んでおりますけれども、これは Breakthrough by Dynamic Approach in Sewage High technology Project の頭の文字を取り、B-DASHプロジェクトと呼んでおります。この事業は平成23年度からスタートしており、下水道の資源・エネルギー利用や、下水道の大幅なコスト削減などを目標しているプロジェクトです。

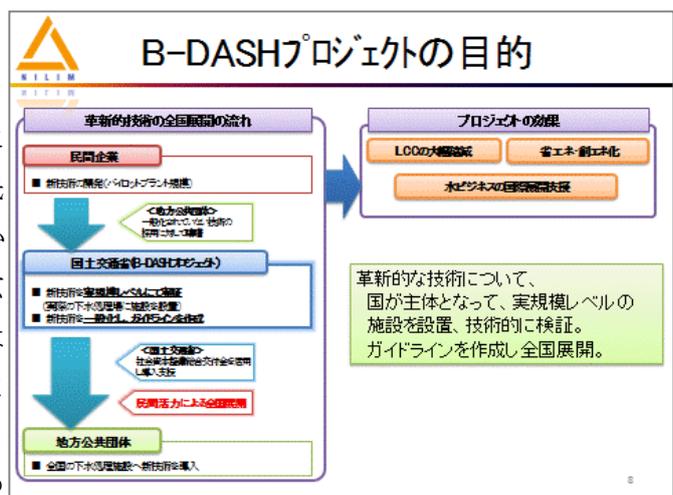
下水道革新的技術実証事業 (B-DASHプロジェクト)

Breakthrough by Dynamic Approach
in Sewage High technology Project

国土交通省
国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

—スライド（B-DASHプロジェクトの目的）—

B-DASHプロジェクトの内容です。民間企業においては新技術を開発しているわけですが、民間企業の中ではパイロットプラント規模の段階しかなかなかできません。これを実際に地方公共団体に広めていくためには、壁があり、新しい技術というのはなかなか地方公共団体としては採用に躊躇してしまうということがあります。これをブレイクスルーすることが目的であり、国土交通省において、その新技術について実規模レベルで施設を地方公共団体の下水道のフィールドに設置し検証を行います。その結果により、ガイドラインを作成し全国展開につなげようということを目的にしています。



実施方法としては国総研が委託研究と言う形で、民間企業およびフィールドを提供する地方公共団体、こういった共同の研究体が主ですが、そこに委託研究という形で行っていただくスタイルを取っています。

革新的技術を全国の下水道施設に普及展開するというを目的にしており、効果としてはライフサイクルコスト（LCC）の大幅縮減、省エネ・創エネ化、それから水ビジネスの国際展開支援といった効果を期待しています。

—スライド（事例-1 固形燃料化（1））—

B-DASHプロジェクトの実例について、今年ガイドラインが策定されたものを中心にご紹介したいと思います。

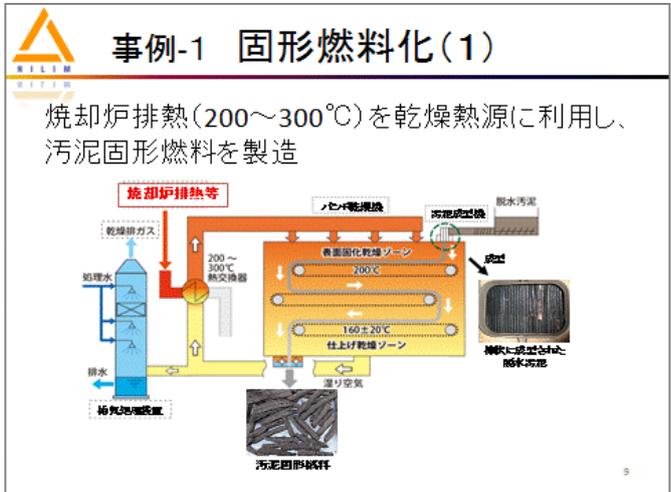
最初は固形燃料化の例です。この絵に描いてありませんけれども焼却炉がこの絵とは別にあるという前提の処理場において、焼却炉の排熱が200℃～300℃ぐらいありますので、これを乾燥のための熱源に利用して汚泥の固形燃料を製造するというものです。

脱水汚泥を、汚泥の成形機において棒状に成型して、この乾燥機の中に落とし、上から順番に下に移動させ乾燥を進め、固形燃料を作るというものです。

—スライド（事例-1 固形燃料化（2））—

同じものですが、脱水汚泥からこのようなプロセスで固形燃料を製造するというものです。実証の結果としましては、含水率が3.2～14.7%、発熱量が16～18MJ/kg-wet。We tというのは水を含んだ固形分当たりということです。

これが実証プラントの写真です。この部分が本体の乾燥機の部分になります。これは愛媛県の松山市で実証を行いました。

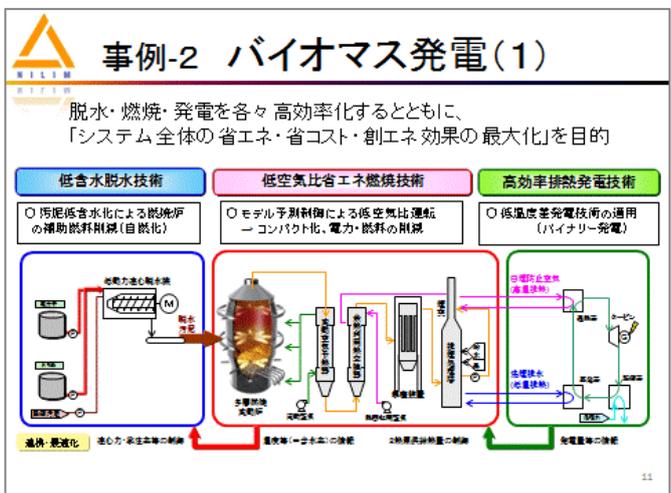


—スライド（事例-2 バイオマス発電（1））—

次にバイオマス発電の事例です。これは昨年度から今年度末までにかけて行っている実証実験です。

左から低含水脱水技術、低空気比省エネ燃焼技術、それから右が高効率排熱発電技術と、この3つをトータルで最適に組み合わせ、ベストな結果を出すことを目的にしています。

まずは脱水については、汚泥から水を絞るわけですが、これは高性能のもので含水率を低くできるものを



採用しています。それによって、この焼却炉で補助燃料なし、汚泥の持っている熱量のみで自ら燃焼する仕組みです。ただ、空気は入れて中を流動させる必要があります。その空気を吹き込む量を適切にコントロールし、空気比を低めることで電気の使用を削減するものです。

焼却の排熱を利用し、図の右側のように発電のタービンを回します。これについては2系統の熱源があり、通常の排熱、これがこの場合 400℃ぐらい、それから低温排熱のほうは灰ガスを洗浄する洗煙排水、これは 70℃ぐらいの温度があります。通常ですと 70℃はかなり低い

いわけですが、この熱のサイクル、これは沸点が低いアンモニア水を使っており、低い温度でも沸騰して蒸気になるといことで、この2つの熱源を使って、アンモニア水の蒸気でタービンを回し発電をするという技術です。

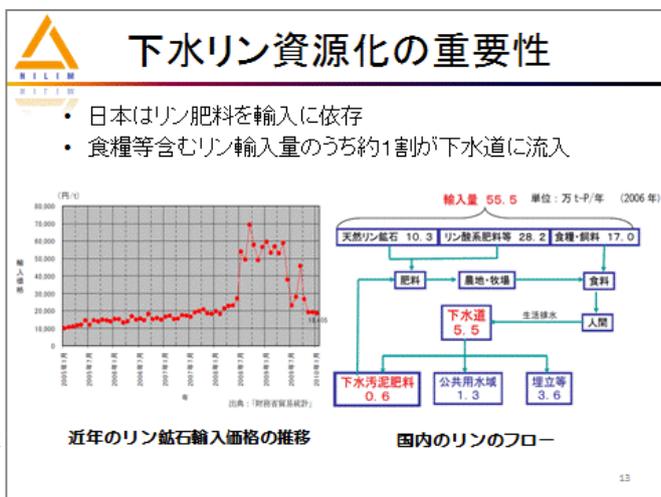
—スライド（事例-2 バイオマス発電（2））—

これがその写真であり、大阪府の池田市で現在実験中のものです。これは今年度いっぱい実証中ですので、ガイドラインは策定はその後になります。



—スライド8（下水リン資源化の重要性）—

次にリンについてご説明します。まず右のフロー図は、日本におけるリンのフローですが、リンというのは食料のもと、肥料の重要な要素です。天然リン鉱石、リン酸系肥料、これらはほぼすべて輸入に頼っています。それから食料についても日本はかなり輸入に頼っています。これらのリンを含む食料を、人間が食べて排泄するわけですが、それが下水道に入ってくる。その量が5.5万トンということで、総輸入量55.5万トンの1割ぐらいを占め、割合的には重要な位置を占めていると言えます。



このリンを現在活用できているのがまだ0.6トンに留まっており、これをさらに高めていく必要があると考えています。ちなみに、左のグラフはリンの輸入価格の変遷です。2008年に価格が非常に急騰しました。これは、このときに中国が関税を大幅にかけたことに端を発して価格の急騰が生じたものです。リンというのは人間の生命にとって不可欠な物質でありますので、国家戦略上、リンの有効活用は極めて重要であると考えております。

—スライド（事例-3 消化汚泥からのリン除去・回収）—

B-DASHプロジェクトで行ったのは、消化槽の消化汚泥から直接リンを除去・回収する技術です。消化のプロセスで汚泥が分解され、そのときにリン酸が生成され、またアンモニアも生成されるわけで、さらにマグネシウムを足らない分不足することによってリン酸マグネシウムアンモニウムという（略称MAP）、肥料として利用可能な物質が結晶として生成されます。このように、MAPの形状にすることにより、消化汚泥からリンを回収するという実証実験を行ったわけです。

事例-3 消化汚泥からのリン除去・回収

H24-25実証

【MAP晶析反応】 $Mg^{2+} + NH_4^+ + HPO_4^{2-} + OH^- + 5H_2O \rightarrow MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$ (MAP)
回収MAPは肥料として利用可能

研究者：水研・神戸市・三菱商事アグリサービス

—スライド（事例-4 下水熱利用（1））—

次に下水熱利用です。下水熱というのはこの左のグラフにあるように、年間通して比較的溫度が安定しています。グラフの青い線の外氣温はかなり変動していますが、赤い線の下水溫度は比較的安定しています。特に冬場においてはお湯の排水などが下水に入りますので、非常に暖房の熱源としては有利になるわけです。ヒートポンプを使う暖房を行う場合に、熱源溫度が空氣熱源よりも大幅に高いため、非常に有利になるといえることです。

事例-4 下水熱利用（1）

- 下水溫度は年間を通して安定。
- 下水を熱源に用いることで、ヒートポンプが高效率で運転可能。

15

—スライド（事例-4 下水熱利用（2））—

この熱利用の技術においては、下水管の内面にこのように螺旋状に熱媒体を循環させる細いパイプを内面に貼り付け、それによって下水中の熱を回収します。これを熱源に、ヒートポンプを用いて空調や給湯等に活用するという技術です。老朽化した管路の内面にこういった樹脂を巻きつけて、下水管を改築するときに合わせて、熱回収管を敷設することによって、有利に設置できることを期待しています。

事例-4 下水熱利用（2）

H24-25実証

研究者：綾水化学・大阪市・東亜グラウト

—スライド（事例-5 アナモックスによる高効率窒素除去（1））—

次がアナモックスによる高効率窒素除去です。下水の消化を導入する際の課題として、消化した汚泥を脱水する際の分離液は、アンモニア性窒素濃度が高いため、水処理に戻した際に悪影響を与えてしまうということがあ

ります。このため、効率的にこのアンモニア性窒素を除去する必要があるわけです。

アナモックスというのはオランダで発見された新規の生物学的窒素変換反応であり、アンモニアと亜硝酸から、これを窒素ガスに変換するという仕組みです。従来の方式だと、アンモニアを硝酸まで硝化するプロセスを経て、そこから窒素ガスに変換するというプロセスが通常ですが、この技術はこの赤いラインで窒素除去ができるため、たいへん省エネルギーな方法です。

—スライド（事例-5 アナモックスによる高効率窒素除去（2））—

この写真は熊本市で実験を行ったプラントであり、この亜硝酸にする細菌、それからアナモックスの細菌、これらをこういう担体というものに付着させて安定させ、処理を行うという内容です。

—スライド（技術導入ガイドラインの策定）—

ご紹介した技術につきまして、平成24年度～25年度の実証試験の成果を踏まえ、その成果を評価委員会で審議いただき、適切な内容であるということでガイドラインを今年策定・公表しています。

ガイドラインの内容としては、新技術のライフサイクルコスト（LCC）、エネルギーの消費量、温室効果ガス排出量などを算定し、従来技術と比較を行い、導入効果を提示しています。

B-DASHでは、昨年にバイオガスの活用関連技術のガイドラインも策定をしております。

内容は国総研のホームページに掲示していますので、ぜひご覧いただきたいと思っております。

本日はご清聴いただきまして誠にありがとうございました。

事例-5 アナモックスによる高効率窒素除去(1)

消化導入の課題

消化汚泥脱水液・・・アンモニア性窒素濃度が高い！

◆水処理施設の流入窒素量の増大 ◆放流水 窒素濃度の上昇

アナモックス(anammox)とは

- ◆1990年代にオランダで発見された、新規の生物学的窒素変換反応
- ◆嫌気条件下において、アンモニアと亜硝酸を、窒素ガスに変換
- ◆省エネルギーに窒素を低減



17

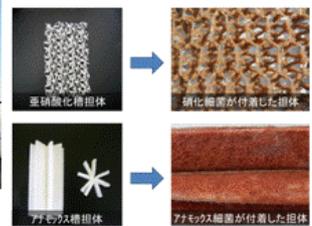
事例-5 アナモックスによる高効率窒素除去(2)

H24-25実証

▶安定した運転・・・固定化担体による菌の高密度化



各生物反応槽の固定床担体



研究体：熊本市・日本下水道事業団・タクマ

18

技術導入ガイドラインの策定

H24-25実証実験の成果をふまえ、ガイドラインを策定・公表

- ・廃熱利用型低コスト下水汚泥固形燃料化
- ・消化汚泥からのリン除去・回収
- ・管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用
- ・固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去

新技術のLCC、エネルギー消費量、温室効果ガス排出量などを算定、従来技術と比較等、導入効果を提示

B-DASHでは(ほかに、バイオガス活用関連(H23-24実証)等のガイドラインも策定済

19

ガイドライン等詳細は、国総研 下水道研究部HPを。

ご清聴ありがとうございました。

20

【参考文献】

- 1) 国総研資料第 736 号, B-DASH プロジェクト No. 1 超高効率固液分離技術を用いたエネルギーマネジメントシステム導入ガイドライン (案), 2013.7.
- 2) 国総研資料第 737 号, B-DASH プロジェクト No. 2, バイオガスを活用した効果的な再生可能エネルギー生産システム導入ガイドライン (案), 2013.7.
- 3) 国総研資料第 802 号, B-DASH プロジェクト No. 3, 固定床型アナモックスプロセスによる高効率窒素除去技術導入ガイドライン (案), 2014.8.
- 4) 国総研資料第 803 号, B-DASH プロジェクト No. 4, 廃熱利用型 低コスト下水汚泥固形燃料化技術導入ガイドライン(案), 2014.8.
- 5) 国総研資料第 804 号, B-DASH プロジェクト No. 5, 管路内設置型熱回収技術を用いた下水熱利用導入ガイドライン (案), 2014.8.
- 6) 国総研資料第 805 号, B-DASH プロジェクト No. 6, 消化汚泥からのリン除去・回収技術導入ガイドライン(案), 2014.8.

3.11 すぐに役立つ道路交通データ、交通安全対策、LCA技術 (道路交通研究部長 森 望)

ご紹介いただきました道路研究部長の森で
ございます。発表を始めさせていただきます。

—スライド（本日の発表内容）—

きょうの発表内容でございます。この4つに
ついてご紹介させていただきますが、発表の内
容はできるだけ内容の難しい話、決して難くは
ないのですけれども、内容の難しい話と言うより
もこういった方法を使ってどういう分析ができ
るかというような、分析の事例を中心にしなが
らご紹介していきたいと思っております。



写真-14 道路交通研究部長 森 望


<h2>すぐに役立つ道路交通データ、 交通安全対策、LCA技術</h2> <p>国土技術政策総合研究所 道路交通研究部</p> <p>森 望</p>

<p>本日の発表内容</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><ol style="list-style-type: none">1. ETC2.0によるプローブ情報の概要・活用方法2. 道路利用の時間信頼度の評価手法3. 通学路の速度抑制による交通安全対策手法4. 社会資本のLCA算定手法</div>
2
<ol style="list-style-type: none">1. ETC2.0による プローブ情報の概要・活用方法

—スライド（1. ETC2.0によるプローブ 情報の概要・活用方法）—

最初にETC2.0によるプローブデータの
概要・活用方法でございます。

も、この3カ月間、6月の末を中心にしてビフォア、アフターの3カ月間で比較してみますと、このエリアだけではありませんけれども、もっと広い範囲について全体としては旅行速度が低下しておりますが、この供用開始されたところの周辺エリアでは旅行速度が向上したということで、このETC2.0のデータを使って評価ができたということでございます。

従来であればトラフィックカウンターを使う、あるいは地点で交通量観測、あるいは旅行速度を調査するというようなコストをかけた調査が必要だったわけでございますけれども、こういったシステムを使うということによって低コストで面的にこの効果把握というものが可能になるということでございます。

—スライド(1-3. 道路プローブを用いた分析例(災害時通行止)(道路プローブを用いた災害時の通行実績の把握))—

これは四国です。今年8月の台風12号によります通行止めの際の実際に車両が通行したということを表している、この青い線が車が通ることができたということを表している図でございます。実際に国道32号、それから高速の高知道が通行止めになりました。このときに、瀬戸内側から太平洋側、高知側、この2つの幹線道路が通行止めになったときに、この194号が代替用として使われているということが分かったということでございます。

こういうようにある路線が通行止めになったという時に、どのルートが代替路として使われているかということについても把握することが可能であるということでございます。こういった特徴を踏まえながら、災害時あるいはそのほか何らかのトラブル発生時等々に対応した道路管理というものができていくと、そういった可能性を持っているということでございます。

—スライド(1-4. ETC2.0の今後の展開)—

今ご紹介しましたように、このETC2.0で得られますデータ、このデータはこういう面



的あるいは時間的にデータを得ることができます。そうしますと、それぞれのネットワークについてどの道路がどういう混雑状況にあるのかということも同時に把握することができるということで、左側には首都圏の3環状について書いてありますけれども、この首都圏3環状が概成した段階ではこのネットワーク全体の交通容量、サービス機能といえますか、こういったものをいかにして最大限の活用をしていくかというようなことについても、ETC 2.0から得られる道路交通状況を見ながら適切な情報提供をすることによって、最大化していくというようなこともできるというように考えております。

こういったETC 2.0のデータを使うということによりまして、道路を賢く使う、あるいはインフラを賢くメンテナンスしていくというようなことについて今後ともわれわれとしては取り組んでいきたいというように思っております。右の図は、物流、あるいはこういう大型車の通行とインフラの管理というようなものを組み合わせて検討していこうというものです。

—スライド（1-5. 参照URL）—

これは国総研、道路交通研究部のURLでございますけれども、こういったところでそれぞれについて紹介しておりますので、また改めてご覧いただければと思います。

—スライド（2. 道路利用の時間信頼度の評価手法）—

次は道路利用の時間信頼度の評価手法ということでございます。

—スライド（2-1. 時間信頼性とは）—

時間信頼性は、中山先生、朝倉先生が書かれた本によりますと、「道路交通の信頼性とはそのサービスを安定的に提供する能力。その中でも時間信頼性とは旅行時間に関する信頼性であって、速達性の機能を安定的に果たす能力」というように書かれています。旅行時間が安定しなくて、その時間が読めないというような場合には、早めに出発するということを皆さんや

1-5. 参照URL 

- **ETC2.0**
<http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/etc2/>
- **ITSスポット**
http://www.mlit.go.jp/road/ITS/j-html/spot_dsrc/index.html
- **ITS** (Intelligent Transport System) 国総研ITS研究室
<http://www.nilim.go.jp/lab/qcg/>

2. 道路利用の時間信頼度の評価手法

2-1. 時間信頼性とは 

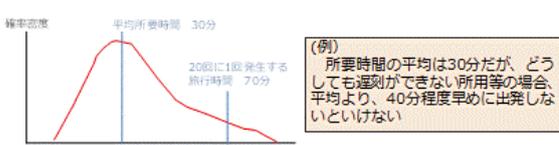
- 道路交通の信頼性とは、そのサービスを安定的に提供する能力
なかでも、時間信頼性とは、旅行時間に関する信頼性であり、速達性の機能を安定的に果たす能力*

※中山、朝倉編著：道路交通の信頼性評価，コロナ社，2014.9

日々の旅行時間が変動

到着制約や希望到着時刻がある場合、早めに出発することが必要
→旅行時間が「読めない」ため、時間損失が発生

時間信頼性が低いと、様々な経済的、社会的、心理的な損失発生につながる



変動が大きい場合の所要時間の分布

1/3の2/2分であるというような評価ができたということをごさいますて、こういう時間信頼性の評価手法ということで、研究開発に取り組んでまとめたというものでございます。

—スライド（2-4. 今後の可能性、展開）—

時間信頼性の評価手法でございますけれども、事業評価にも使っていけるという可能性を持っていると思いますし、局部的な改良、あるいは改築、右折レーンを設置するとか、追い越し車線を作る、立体交差化するという局部的な改良であるとか改築であるとか、こういうことをやることによってその効果というものが時間信頼性におよぼす影響、効果というものが非常に大きなものがあると思いますけれども、こういう評価をしようとした場合にプローブデータを使うことによってこういった評価ができるようになりますし、そのための手法としてまとめたというものでございます。

2-4. 今後の可能性、展開

- 道路事業評価（B/C）への活用可能性
3便益+aの手法として、時間信頼性の適用
第2回道路事業の評価手法に関する検討会（平成20年9月）でも議論
- 道路改良の効果評価ツールとしての活用
右折レーン、追越し車線、立体化等
- 道路利用者への道路サービスとしての情報提供

16

—スライド（2-5. 時間信頼性指標値算定マニュアル）—

これにつきましても国総研のホームページでございます。こういった本として国総研資料としてまとめておりますし、国総研のホームページでもご覧いただくこと、ダウンロードしていただくことは可能です。

いま1番目、2番目、それからプローブデータを使うということでのご紹介をさせていただきましたが、このプローブデータにつきましては、今後データETC2.0の拡大とともにデータはさらに充実していくというように考えております。

データが充実していけば、今ご紹介しましたのは1例でございますけれども、さらにはいろいろな使い方ができるというように考えておりまして、そういった視点でわれわれは取り組んでいき、また成果が出てくればご紹介、発表していきたいと考えております。

2-5. 時間信頼性指標値算定マニュアル

- 算定手法は・・・。

時間信頼性指標値算定マニュアル
(国土技術政策総合研究所資料)

国土技術政策総合研究所のHPより、ダウンロード可能

<http://www.mlit.go.jp/ab/bcg/sinyou/trn/trn0700.htm>

17

—スライド（3. 通学路の速度抑制による交通安全対策手法）—

続きまして、通学路の速度抑制によります安全対策でございます。

3. 通学路の速度抑制による交通安全対策手法

—スライド（3-1. 通学路の交通安全への意識の高まり）—

皆さんご記憶されていると思いますけれども、2年前に京都府の亀岡市、あるいは千葉県の館山市で登下校中の小学生が事故に巻き込まれるという非常に痛ましいことがありました。

そういったことで、特に通学路、生活道路の安全対策というものが、過去から当然やってくるわけではございますけれども、さらに強く求められるという状況になったということで、通学路を対象にした研究についても取り組んできておりまして、そのご紹介でございます。

3-1. 通学路の交通安全への意識の高まり 

- 平成24年4月に京都府亀岡市で発生した事故をはじめ、**登下校中の児童等が死傷する事故が相次いで発生。**

通学中の児童が巻き込まれた主な重大事故
 (平成24年) 京都府亀岡市、千葉県館山市、愛知県岡崎市・・・
 (平成25年) 千葉県袖ヶ浦市、京都府京都市、山形県山形市・・・

- 全国で「**通学路緊急合同点検**」を実施。**対策必要箇所7.4万箇所を抽出。**
- 平成24年5月「通学路の交通安全の確保に向けた今後の取組」（国土交通省、文部科学省、警察庁）、平成25年12月「通学路の交通安全の確保に向けた着実かつ効果的な取組の推進について」（国土交通省、文部科学省、警察庁）

今後も、PDCAサイクルで通学路の「点検」「対策」等を継続



国総研 **道路構造の面からの交通安全対策の導入促進に向けた研究**

13

—スライド（3-2. 車両速度と死亡事故率）—

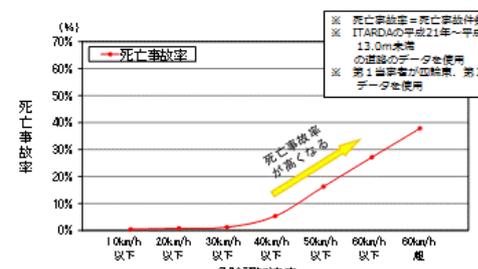
これは車のスピードと死亡事故率の関係を、市町村道を対象にしまして、車と歩行者の事故を事故から致死率がどうなるかということをもとめたグラフです。このグラフご覧になってすぐ分かっていただけと思うのですが、40 km/h程度以上になってきますとこの死亡事故率というものが急激に高くなってまいります。30 km/h程度以下であれば死亡事故率は非常に低く抑えられることができるということが分かります。

3-2. 車両速度と死亡事故率 

- 車両の速度抑制を重視
- 危険認知速度が**30km/h**を超えると死亡事故率が高くなる。

生活道路を通行する車両の速度を**30km/h以下**に抑えることができれば**死亡事故を抑制することができる。**

※ 死亡事故率 = 死亡事故件数 ÷ 死亡事故件数
 ※ ITARDAの平成21年～平成25年の市町村道の編入
 ※ 13.0m未満の道路のデータを使用
 ※ 第1当業者が車結果、第2当業者が歩行者の事故データを使用



22

—スライド（3-3. 速度抑制施設による対策の促進）—

当然事故が発生しないということが一番なわけではありますが、できるだけ発生したとしても死亡事故に至らないようにしていきたいということで考えております。そのためにハンプであるとか、狭さく、シケイン、こういったものについてどういう効果があるのかということでまとめていって、技術基準のような形で整理していきたいと考えておりまして、昨年つくば市と通学路を対象にしまして社会実験を実施いたしました。

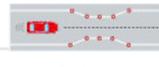
3-3. 速度抑制施設による対策の促進 

- 道路構造の面から、車両の速度を抑制することが可能

速度抑制施設（物理的デバイス）の活用



ハンプ



狭さく



シケイン

・・・速度抑制施設の具体的な設置方法に関する知見が体系的にとりまとめられていない

<国総研における取り組み>

- 現道における設置方法と効果の確認
- 道路の拡幅・歩道の設置が難しい条件下での導入手法

→ つくば市との連携による通学路交通安全対策**社会実験**の実施
 (平成25年10月～12月に実施)

23

果も踏まえながら今後設置基準、あるいは生活道路、通学路での危険箇所の抽出方法、対策立案手法、こういったものを検討して発表していきたいと思っております。

これにつきましても、ここのちょっと小さい字でございますが、こういったところで発表しておりますし、またホームページでも紹介しておりますのでぜひご覧いただければと思います。

—スライド（4. 社会資本のLCA算定手法）—

4番目、最後でございます。社会資本のLCA算定手法についてでございます。

—スライド（4-1. 社会資本LCA（ライフサイクルアセスメント）とは）—

現在、環境影響評価の対象は事業の過程でいうと建設、それから管理・供用、この過程についてここに挙げておりますような項目について評価をされているということでございますが、ここで言っている社会資本LCAというのは、CO₂排出量につきまして原料の採取から構造物の廃棄に至るまでライフサイクルでの総量を評価するという手法、この評価手法について開発をしたというものでございます。

4. 社会資本のLCA算定手法

国土交通省国土政策研究所 道路交通研究部

4-1. 社会資本LCA(ライフサイクルアセスメント)とは

○社会資本LCA評価技術
・社会資本整備によるCO₂排出量について、原料採取・運搬・建設・管理・廃棄に至るライフサイクルでの総量を評価する手法

従来からの環境評価（インパクト評価）

例：騒音を、建設時・供用時のそれぞれで、環境基準（幹線道路沿いの地区：昼間：70dB、夜間：65dB）を超えないか、で評価。

ライフサイクルアセスメント(LCA)

例：ライフサイクル全体で、二酸化炭素排出量がどれだけか？

26

—スライド（4-2. 温室効果ガス削減に向けた動き）—

具体的にはここに事業の流れ、構想段階から設計、施工、資材の選定と書いてあります。この研究で現在成果として出しているものはこの設計レベル、施工レベル、それから資材選定レベルでございます。それぞれ設計段階でも比較すればケース1、2、3とかいろいろなケースを想定して検討していく。それぞれのケースに応じて、あるいは施工も変わってくるでしょうし、資材も変わってくる。それぞれのケース、施工、資材でどのようなCO₂排出量になるのかということ算定する手法として開発したというものでございます。

4-2. 温室効果ガス削減に向けた動き

国土交通省国土政策研究所 道路交通研究部

■ 世界の動き

- COP21（2015年12月、パリ）
2020年度以降の削減目標について、国際枠組みが合意される予定。
- EU
2030年度で1990年度比**40%削減**目標を決定（2014年10月、「気候・エネルギー政策の枠組み」）。再生エネルギーのシェア向上等に取組み。
- アメリカ
2025年度で2005年度比**26～28%削減**目標を表明（2014年10月、米中首脳会談にてオバマ大統領）。従来目標（2020年度17%削減）を加速。

■ 我が国の状況

- 現時点の削減目標
・ 2020年度で2005年度比**3.8%減**（2013年11月、地球温暖化対策推進本部決定）。
- 2020年度以降の目標に向けた動き
・ 「**約束草案をできるだけ早期に提出**することを旨とする。」（2014年9月、国連気候サミットにて安倍総理表明）

27

残念ながらこの構想段階につきましても、手法をまとめるべく現在研究に現在取り組んでいます。

—スライド (4-4. LCA を活用する際には) —

これにつきましても、こういうところで紹介しておりますのでぜひまたご覧いただければと思います。

国総研の道路交通研究部、道路、道路環境、ITS、こういった分野について研究開発に取り組んでおります。ぜひわれわれのホームページご覧いただきまして、ご意見等々いただければ幸いです。

以上を持ちまして私の発表を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

国土技術政策総合研究所
道路交通研究部

4-4. LCAを活用する際には

○社会資本LCA評価技術の開発成果は、**報告書**（平成24年4月）、**環境負荷原単位の一覧表**として、国総研HPにて閲覧可能。



<http://www.nilim.go.jp/lab/dcg/lca/top.htm>



報告書 環境負荷原単位（一部）

31

国土技術政策総合研究所
道路交通研究部

国土技術政策総合研究所 道路交通研究部

<http://www.nilim.go.jp/japanese/organization/koutsu/jkoutsu.htm>

32

3.12 「分野横断的研究の推進」～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～ (防災・メンテナンス基盤研究センター 高野 匡裕)

—スライド (タイトル)—

ただいまご紹介いただきました防災・メンテナンス基盤研究センターの高野でございます。私自身がまだこのセンターの名前を言うのに慣れておりませんで、皆さんも初耳の方も多いかと思えます。

私どものセンターは、今年の4月に国総研の組織の再編の中で新たに発足したセンターでございます。本日のテーマも「分野横断的研究の推進」ということでテーマを設定させていただきました。私どものセンターの特徴は各種インフラに共通する課題を研究していく、研究テーマそのものが分野を横断するようなテーマということで特徴づけられたセンターでございます。

—スライド (防災・メンテナンス基盤研究センター組織体制と研究内容)—

私どものセンターは6つの課と研究室から構成されてございます。基本は従前からありました研究室・課の再編という組織形態でございます。

まず、積算関係、あるいは監督・検査の基準といった行政制度と非常に密接なテーマを取り扱っている建設システム課がございます。

5つの研究室といたしましては、国土マネジメント、国土のあり方、あるいは社会資本整備のあり方そのものを捉えようということで研究を進めております建設経済研究室。また、入札契約制度を中心とした研究テーマに対応しております建設マネジメント技術研究室。これらが昨年までありました総合政策研究センターを構成した課・室でございます。

これに加えまして、環境関係、特に近年は景観であったり、歴史的な街づくりといった視点も対



写真-15 防災・メンテナンス基盤研究センター
高野 匡裕

分野横断的研究の推進

～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～

防災・メンテナンス基盤研究センター
高野 匡裕

防災・メンテナンス基盤研究センター 組織体制と研究内容

センター長	建設マネジメント研究官
	情報研究官 国土防災研究官
建設システム課	公共調達プロセスに関する基準、建設コストの評価・検証、メンテナンスマネジメントの研究等
建設経済研究室	社会・経済・生活を支える社会資本の潜在的役割・効果と国民への伝え方の研究等
建設マネジメント技術研究室	社会資本整備事業評価、建設マネジメント（建設事業の効率化、技術力評価に基づく入札契約方式）の研究等
緑化生態研究室	地球温暖化対策や生物多様性の確保等地球環境問題への対応、緑の保全・創出等の環境分野の研究
メンテナンス情報基盤研究室	調査、設計、施工、維持管理を通じた情報の収集加工・活用に関する基盤技術の研究等
国土防災研究室	地震・津波等による災害への事前対策、災害時の危機管理対応・復旧対策、地震動の観測・設計地震動の設定等に関する研究等

象に含まれておりますが、環境関係を取り扱っております緑化生態研究室。

また、道路のITSの研究と連携しながら、情報を駆使したインフラのあり方を研究するという
ことで対応しておりました情報基盤研究室。この度は特に維持管理面でも情報を活用しようという
ことで、メンテナンス情報基盤研究室と名を改めて、いま新たに研究を展開してございます。

さらに、この後少し詳しくご紹介いたしますが、従来の地震・防災研究室を国土防災研究室とい
うことで、より研究フィールドを発展させるという意識を込めた研究室。

これら6つの研究室から構成されるのが私どものセンターでございます。

—スライド（1. 防災に関する取組）—

防災に関するテーマをまず1点目に触れさせて
いただきたいと思います。私どもの国総研の
研究の柱の中で、午前中の所長のご挨拶にもご
ざいましたけれども、維持管理の議論、あるい
は防災・減災の議論、これらは国をあげての大
きな政策課題となっております。

これらの課題に対応した研究を進めようとい
うことで、防災の面での研究課題につきまして、
先ほど申し上げました従来地震防災研究室とし

てありました組織が、今回「国土防災研究室」ということでさらに防災関係のジャンルを広げてい
こうという意識を持って研究活動に入ったところでございます。

従来から地震防災研究はハード、ソフトの両面の研究を進めてございます。特に、耐震設計等に
反映させるための地震動、あるいはそれらの設計上の取り扱いにかかわる研究という切り口が1つ
でございます。

もう一方では、災害発生時に用いる情報のシステム化といったこと、あるいは防災計画そのもの
のあり様についても研究に加えようということで、ソフト面の研究課題。この2つを大きなフィー
ルドとして従来から取り組んでございました。

今回の国土防災研究室におきましても、これらの地震に関係する継続的な取り組みを進めるとい
うことと、さらに併せましてより幅広いカテゴリーの災害事情にも対応していこうという認識、さ
らにはソフト面の対策を強化していきたい、危機管理全般にわたるより広いテーマを扱っていこう
ということで、さらに研究分野を拡大してございます。

また一方で、防災・減災は先ほど申し上げましたように国総研全体の大きなテーマでもございま
す。国総研全体して防災・減災の取り組みをさらに高めていこうということで、これらのコーディネ
ートについても役割を果たしていこうということで現在取り組みを進めてございます。

1. 防災に関する取組

～ 「地震防災」から「国土防災」へ ～

危機管理技術研究センター
地震防災研究室

防災・メンテナンス基盤研究センター
国土防災研究室

- ・強震観測調査・施設管理
- ・設計地震動・津波外力の研究
- ・地震防災情報のシステム化, 地震防災計画の研究
- ・強震観測調査・施設管理
- ・設計地震動・津波外力の研究
- ・地震防災情報のシステム化, 地震防災計画の研究

- 大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究
- 総合的なリスク評価・リスクコミュニケーションの研究

■国総研全体の防災・減災研究の推進役

3

—スライド（国総研全体の防災・減災研究の推進役（「防災・減災研究推進本部」の事務局）—

今年の春から、センターの発足と同時に所内の体制が発足しました。防災・減災の推進本部とい

う、研究総務官をヘッドにいたしまして、関係部すべてが参加する体制ということで、その取り組みを開始いたしました。この取り組みについて、私どもの国土防災研究室が中心となっているいろいろな意味でのコーディネートをしていただくということで、所内での役割を仰せつかったところでございます。

所全体としての研究成果の発信をしていきたい、また、関係機関との連携を十分に取っていききたい、さらには、独自の研究そのものもできるだけ各研究部に共通するようなフィールドについて私どもが積極的に対応してまいりたいということで、この研究推進本部での取り組みを進めさせていただいている状況でございます。

—スライド（国総研全体の防災・減災研究の推進役「防災・減災研究推進本部」の取組事例）—

具体に実施した事例でございます。これは昨年からの継続した取り組みを今年度の最初の取り組み成果ということでまとめさせていただいたところでありますが、国総研の各研究分野でこれまで進めてまいって得られた研究成果を、できるだけ現場に反映させていきたいということで、施策のメニュー集を取りまとめました。

とりわけ地震災害をフィールドにした適応技術を抽出いたしまして、合計 38 のメニューを、特に地震発生前、日頃からの備えといった段階から、実際の発生時、あるいは応急措置を行うといった発生後の取り組み、それぞれにわたりまして支援メニューをまとめ、すでにホームページに掲載しているところでございます。

特に直轄の現場、あるいは自治体の方々でご活用いただけるような機会があれば、ぜひ取り組んでいきたい、あるいはわれわれもそれについてご協力させていただきたいというように思う次第でございます。

—スライド（支援メニュー(例)：即時被害推測情報）—

これは1つの例でございます。実際に強い地震が発生した場合に、施設の被災がどうなるかということをしてできるだけ予測ができないかという研究を従来から進めてまいりました。特に道路橋であったり、あるいは盛土の構造物であったり、それらが地震動を受けた場合にどの程度の被災が生じるかということをして、施設の特徴に、あるいは構造の特性に合わせて予測するといったような研究を

国総研全体の防災・減災研究の推進役

**今年度発足した
「防災・減災研究推進本部」の事務局**

- 本部構成
全研究分野（部長、センター長）が参加
（本部長：研究総務官）
- 当面の取組
 1. 研究開発成果等の対外的発信
 2. 本省・関連機関との連携
 3. 分野横断的な調査・研究の推進

4

国総研全体の防災・減災研究の推進役

「防災・減災研究推進本部」の取組事例

地震災害対応への支援メニューの提示

対象：地方整備局、
地方自治体等

内容：全研究分野
38メニューを
対策、対応の
段階毎に分類
して紹介

南海トラフ巨大地震・首都直下
地震等に対する震前対策、
震後対応への支援

～今、巨大地震に備え国総研が
現場に貢献できること～

平成26年4月

公開状況:国総研HPに掲載
[URL: <http://www.ninso.go.jp/japanese/organization/honbu/slide01.pdf>]

5

進めてまいりました。それらを1つにシステム化する、まさに地震動のインパクトを入れた場合に、予め施設の情報が入っていれば自動的にそのシステムの中で被災の程度、これはあくまで概略の精度となりますけれども、それをアウトプットできる仕組みということで、システム作りを進めてまいりました。

これがどこまでの精度が得られるかというところが、若干われわれとしても試行錯誤を繰り返さざるを得ないところがございますが、すでに

東海地震の近々の発生の懸念されております東海地方において適用準備を進めています。中部地整において、具体的な施設データをこの中にインプットして、いざ地震動のインパクト情報が入った場合に施設の被災がどの程度になるか、このようなものがアウトプットして出されるようにということで、作り込みに入っているところでございます。実践の中で活用していただきながら、この成果の精度をアップさせていきたいというように考えております。

国総研全体の防災・減災研究の推進役

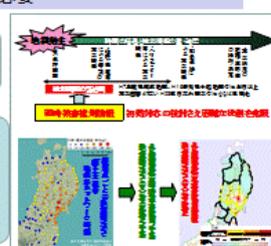
支援メニュー(例)：即時被害推測情報

地震動分布と河川・道路施設の被害状況の推測結果を提供

- 国総研が想定する現場ニーズ
 - ◆ 地震発生直後の情報が少ない段階において、初動体制の構築等の意思決定を支援する被害状況の情報が必要
- 国総研の支援
 - ▶ 地震発生直後に得られる強震観測記録をもとに、地震動分布と河川・道路施設の被害状況を推測した結果を提供
- 国総研の支援による現場のメリット
 - ✓ 重点復旧箇所や優先緊急対応箇所(緊急輸送路の確保や二次災害防止等)の絞り込みそれに伴った広域支援体制の構築準備等の意思決定がしやすくなる
 - ✓ 住民・道路利用者の二次災害リスクを減少させる

<留意点・参考事項等>

- ✓ 中部地整と協働で地震被害推測表示システムを試作(今年度)し、その後改良を図る
- ✓ システムの構築・運用には施設データ等の整備と定期的な更新が必要
- ✓ 国土交通省地震計ネットワークの廃止



—スライド(大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究)—

特に大規模地震発生時におきましては、すぐに被災状況が把握できないという課題がございます。地震発生直後の情報をできるだけ速やかに入手し、それを防災活動に反映させていきたいということで、これに対応するための研究の取り組みを進めているところでございます。

東日本大震災のときにはいろいろなアクセシビリティがございました。情報が取れたとしても情報が地震の対策本部まで届かないといったようなことも含め、情報に期待はしつつもなかなかその情報が使える状況になっていないというような事態が発生したところでございます。これらの状況を踏まえまして、できるだけいろいろな技術を組み合わせることによりまして、できるだけ速やかに全体の被害状況の把握ができ得るようなシステムを作り上げたいと考えています。

また、地震の場合は特に早期の道路啓開が非常に重要となります。あるいは個々の施設に関して

大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究

東日本大震災時の情報把握の困難さ

- ① 緊急時パトロール、施設点検に早急に取りかかれず、取りかかっても多大な時間。
- ② 管理施設の映像情報入手が著しく困難。
- ③ 防災ヘリがすぐに離陸するも、三陸沿岸は雪のため飛行できず。

大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究

地震発生直後の東北地整災害対策室




沿岸部の被災カメラの映像が欠落(青画面)
写真)東北地方整備局HP

も、どこを重点的に点検し、どこを早期に復旧したらいいかというプライオリティづけをできるだけ早めに行い、それに対応した体制の構築、あるいは体制の派遣をしていきたいと、このようなニーズが非常に高くなっております。こういうニーズに対応するような情報システムを作り上げていきたいということで、被害の状況を把握する技術、あるいは現地を直接見なくても一定の推測ができる技術、さらにはいま申し上げたような意思決定に具体的に反映できるようにそれら情報を処理する技術、こういう技術を開発していきたいということで現在取り組んでいるところでございます。

大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究

研究開発目標

- ・ 天候や時間帯に関わらず、
発災後 1～3 時間で被災状況を把握
- ・ 被災状況をもとに、
① 啓開路線の決定
② 重点点検箇所抽出と応急復旧準備着手を可能にする
- ・ これに必要な被害把握・推測技術、意思決定支援技術等を開発し、現場に実装する

一スライド（大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究（研究開発の全体像））

具体にはできるだけいろいろな情報を得る仕掛けをまずは組み込んでいきたいというように考えてございます。

先ほど申し上げましたような地震の被害を速やかに推測するシステムをまず実用化していきたい。一方では、現在の機器の精度からしますと、画像の処理によってかなりいろいろな情報をわれわれが現地に行かずとも見られるということが期待されてございます。ということで、画像を処理することによって被災状況を把握するような仕掛け。

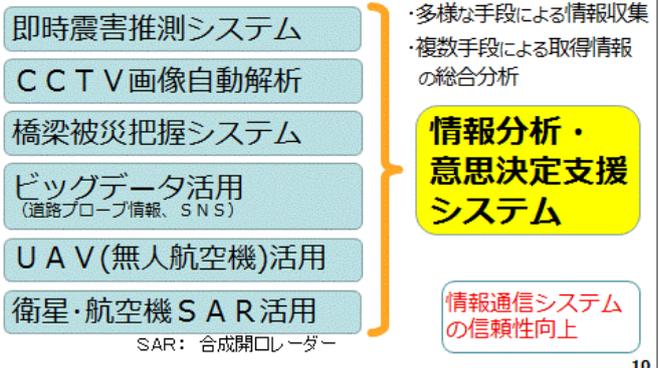
さらには、いま民間のいろいろなコマーシャルベースでも活用が進んでおりますけれども、小型の無人ヘリコプターといった、いわゆる UAV の活用によって広域的な被災状況も知り、あるいはメンテナンスでの活用という試行が始まっておりますけれども、施設の具体の被災状況もこういう手段によって知っていくといったようなことがあります。

また、夜間、あるいは天候が悪いときでも情報が取れるような合成開口レーダー（SAR）の技術を導入することによって、悪天候下においても、夜間でも情報が取れるようなものを組み合わせしていく。できるだけ多くの手法を活用する中で、情報をタイムリーに取っていききたいというような研究に入ったところでございます。

この中では、そうは言っても情報の信頼性の問題がございます。機器の信頼性と情報を受け渡すシステムの信頼性、やはり両方の信頼性ということが非常に課題になります。そういった面での研究も合わせて進めていくということで、できるだけ多くの情報を活用し、できるだけ短時間で

大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究

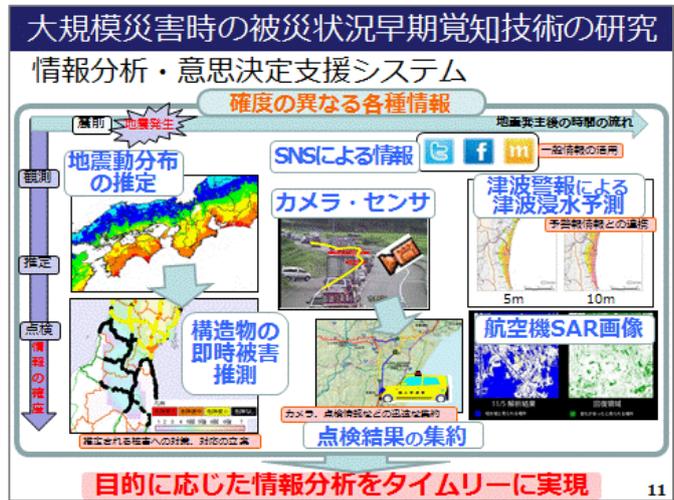
研究開発の全体像



具体的情報分析を可能としていくことを目指したシステム構築を進めてまいりたいというように思います。

—スライド（大規模災害時の被災状況早期覚知技術の研究(情報分析・意思決定支援システム)）—

各種情報を効果的に収集、分析する上では、一方では各施設の状況をどのような精度で把握していくかということと、もう1つは時間軸の中でどのような手法が適用できるか、両面からの制約と実現性の吟味が必要です。それら両面の観点を踏まえ、実践に反映できるシステムの開発を目指して研究に取り組んでいるところでございます。



—スライド（2.「発注者責任」の達成を目指して）—

もう1つのテーマのお話に移らせていただきたいと思います。先ほど申し上げました私どものセンターの由来の1つが総合政策研究センター、従来の建設マネジメントを中心に研究していたセンターがでございます。

現在の重要なテーマの1つとなっておりますのが発注者責任の達成、いわゆる公共工事の品質確保法の運用にかかわる研究ということが私どものセンターの中でも大きな役割だというように考えてございます。

2.「発注者責任」の達成を目指して

- ▶ 品確法の改正（H26.6.4公布・施行）
- ▶ 多様な入札契約方式に関する研究
- ▶ 技術提案交渉方式に関する研究
- ▶ 官民連携による業務執行方式に関する研究（事業促進PPP）

12

—スライド（品確法の改正（H26.6.4公布・施行））—

ご案内の通り今年の6月に品確法が改正されました。いくつかの施策が打ち出されておりますが、特に、入札契約制度にかかわる取り組み、あるいは、品質確保を図るうえで非常に重要な業務の進め方そのものを高度化するような仕組みを求めるということが定められています。

品確法の改正（H26.6.4公布・施行）

- ☆改正のポイントⅠ：目的と基本理念の追加
 - ・担い手の中長期的な育成・確保の促進
 - ・適切な点検・診断・維持・修繕等の維持管理の実施
 - ・ダンピング受注の防止 等
- ☆改正のポイントⅡ：発注者責務の明確化
 - ・予定価格の適正な設定
 - ・計画的な発注、適切な工期設定、適切な設計変更 等
- ☆改正のポイントⅢ：多様な入札契約制度の導入・活用
 - ・技術提案交渉方式
 - ・地域社会資本の維持管理に資する方式 等

13

ここには書いてございませんが、すでに検討が始まっておりますが、調査、計画、設計といったカテゴリーにおける技術者を認定する仕組みづくりにつきましても、社整審における検討もすでに始まりましたが、それもわれわれの研究テーマになってございます。

あるいは、地方自治体におけます発注者が非常に弱体化している団体への支援の仕組み作りといったような課題もございます。品質確保法の適切な運用という視点からの研究を進めているところでございます。

—スライド(多様な入札契約方式に関する研究)

—

品質確保法の対象とする様々な課題がございます。技術者あるいは技能工の育成の問題があり、また価格面の競争に非常に特化したような、ある意味では品質との関係で非常に懸念を持たれるような競争の原理も働きつつあるといったこともありますので、それらに対応するにはあたっては発注者がしっかりしていかなければならないということ。

その1つの手段として、入札契約のあり方ということが品質確保法の中でも大きな課題として組み込まれてございます。多様な入札契約制度の導入ということが重要な課題になっているところでございます。

この多様な入札契約制度の研究ということで、入札契約制度そのものの中にいろいろな議論が盛り込まれております。

1つが契約方式。発注対象が工事だけの契約に留まらないケースがあります。設計から施工まで一緒に発注するようなケース、どのような対象範囲の区分けで契約をしていくべきかという、契約の方式の議論。また実際に行う工事をどこの業者にやっていただくかという業者の選定にかかわるような入札方式、落札者の決定方式がございます。さらには実際に行った契約に基づく支払いをどうするかという、支払いに関する方式。これらすべて包含したものが入札契約方式ということで定義されるものです。

入札契約方式を検討する上では、これらを動かすプレーヤーはどうかということ、発注者だけではなく、当然受け手側の特徴、受け手側の力量をどう考えるかということもございます。また、工事の特性、工事がどのような技術的特徴を有しているものかということも考える必要もございません。

こういうフィールドなり、プレーヤーを具体的に定義することによって、どういう入札契約方式を用いるべきかといったような観点からの分析整理を行い、実際の現場での適用のためのルール作りをしていくという研究を進めてございます。

多様な入札契約方式に関する研究

- 契約方式, 入札方式, 落札者選定方式, 支払方式の組合せにより入札契約方式が定まる
- それぞれの技術力や体制, 事業の特性等に応じて, 最も適切な入札契約方式の組合せを選定

[発注者責任をはたすために]

- ◇発注者の技術力・体制
- ◇受注者の技術力・価格競争力
- ◇事業(工事)特性や地域の実情等
- ◇インハウスのみで体制が確保できない場合は発注者支援を導入

14

—スライド（多様な入札契約方式に関する研究（契約方式、入札方式、支払い方式））—

入札契約方式にもいくつかの方式がございます。通常的方式である設計・施工分離。従来から、施工だけを単独で発注するということが普通ですけれども、最近、例えば設計・施工一括、デザインビルドといったような一連のプロセスを一括して発注する方式もございます。

現在検討しているのとして、ECI方式、これはイギリスの方式、アメリカではCM/GC

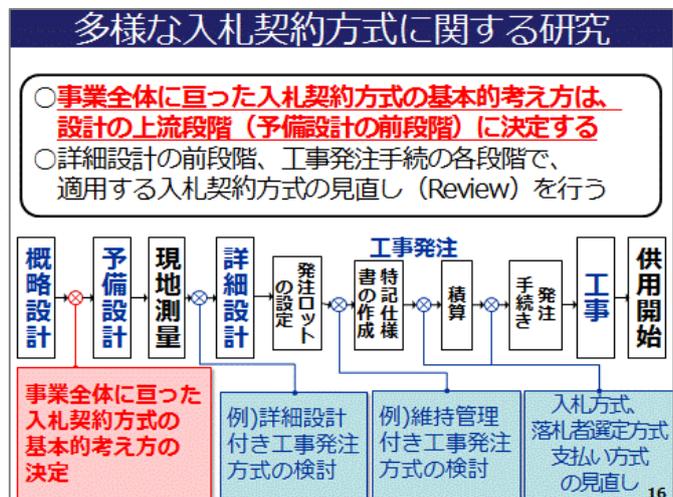
という同様の方式がありますが、施工業者が設計段階でも関与していくような方式で、特に関心を持って研究を進めています。

技術提案交渉方式は、入札契約方式の中で随意契約の1つのパターンとして、技術提案のみで業者を特定し、そのあと随意契約行為に入っていく方式です。これは業務でいうプロポーザル方式に非常に近い概念を有しているものでございます。支払いについても少し新しい方式を検討してまいりたいというように考えてございます。



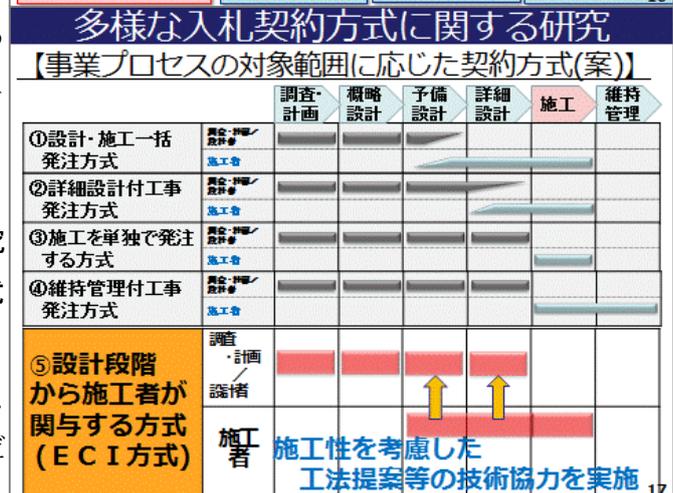
—スライド（多様な入札契約方式に関する研究（業務の流れと入札契約方式の選定））—

このようないろいろな方式を、どういう形で選んでいくかということ、具体の工事を発注する相当前段階において、どの段階から工事と一連で発注していくべきかという検討にはいるというのが、本来の発注方式の選定のあり方であろうと考えます。施設の設計の早期段階から、実際にどの段階でどういう契約方式を選んでいくかということを十分吟味していく必要があるということで、これらを1つのルール、マニュアル化してまいりたいと考えています。



—スライド（多様な入札契約方式に関する研究（事業プロセスの対象範囲に応じた契約方式（案）））—

通常は、設計はコンサルタントが担当します、施工は建設業がやりますということで、施工だ



けを単独で発注する設計・施工分離方式が従来からやられております。それらを工事によっては少し前の詳細設計も施工業者がやるという方式もございますし、設計の早期段階から施工業者がやるということもあり得ます。これらは工事の性格によってそれぞれ使い分けをしていきたいというように思っております。

E C I (early contractor involvement) という、早い段階から施工業者がかかわっていく方式もございます。設計の段階において、予め施工業者を選定いたしまして、施工ノウハウを設計に反映する、コンサルティング段階での関与をしていただくというフェーズが施工を実際に契約する前段階としてあるという、2段階契約のような方式をイギリスで導入している事例がございます。施工を設計に反映させるためのユニークな、効果的な方式と考えてございます。

—スライド（技術提案交渉方式に関する研究）

新たに改正品確法の中で盛り込まれたものが、技術提案交渉方式と言われているものです。仕様が確定できない、工事のやり方が発注者が想定がし難いものがある場合に、予め工事設計をしっかりとすることができ得ないものがございます。

例えばインフラの老朽化がこれから進みます。インフラを更新するような場合に、現在果たしている機能を低下させることが許されない、社会にマイナスのインパクトを与えてはまずいという強い要請があるケースが考えられます。すると、まずはそれを絶対要件として技術の提案を求めるといったケースがあり得るのかなといったように思っております。

そういった場合、価格にはよらない競争、まさに技術だけの競争を最優先せざる得ない場合に、技術に最も優れた提案をした業者の提案をまずは採用し、そのあとその提案に沿った契約行為を随意契約で進めていくといったことが想定されているものでございます。そういう方式が新たにこの品確法の改正法の中で盛り込まれたというところでございます。

技術提案交渉方式に関する研究

【公共工事の品質確保の促進に関する法律】

（技術提案の審査及び価格等の交渉による方式）

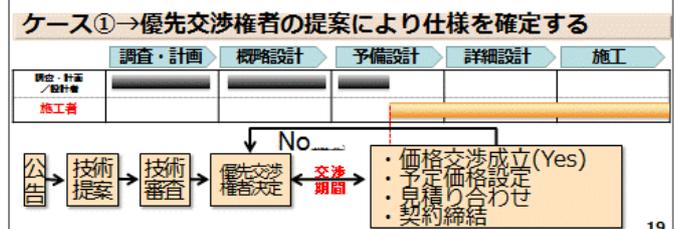
第十八条

発注者は、当該公共工事の性格等により当該工事の仕様の確定が困難である場合において自らの発注の実績等を踏まえ必要があると認めるときは、技術提案を公募の上、その審査の結果を踏まえて選定した者と工法、価格等の交渉を行うことにより仕様を確定した上で契約することができる。

この場合において、発注者は、技術提案の審査及び交渉の結果を踏まえ、予定価格を定めるものとする。

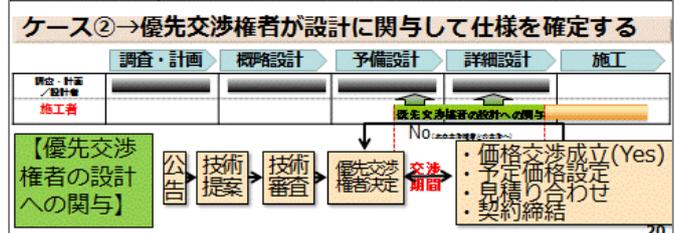
技術提案交渉方式に関する研究

パターン	①発注者が最適な仕様を選定できない工事
適用が想定される工事の考え方（案）	・通常の工法等では施工条件・事業目的を満足できず、施工者固有の技術の導入が必要であるが、コンサルタントによる設計では最適技術の選定が困難な工事など



技術提案交渉方式に関する研究

パターン	②仕様の前提となる条件の確定が困難な工事
適用が想定される工事の考え方（案）	・仕様の前提となる条件の把握に関して制約があり、仕様を確定するための条件把握が困難で、施工条件・構造物の状況に合わせた工法などの選定の必要がある工事など



一スライド（官民連携による業務執行方式に関する研究）—

最後にもう1つ仕事の進め方ということで触れさせていただきたいと思います。冒頭、研究総務官のご報告にもございましたが、東北の復興道路の整備の中で事業促進PPPという方式が取り込まれています。このPPPというのは民の技術の総力を挙げて発注者と連携して仕事をさせていただくということで、設計、施工、あるいは用地の補償関係も含めました専門家の皆さまにチームを作ってください、その方々が発注者と一緒になって事業促進に取り組み、非常に大きな成果を生んでいるところでございます。

東北では10工区で仕事が進められておりますけれども、いま全国で約30の現場でこの方式が直轄工事に適用されているところでございます。これらをできるだけ効果的にさらに展開していきたいと考えているのですが、現場での声を聞いておりますと、民の側のビジネスモデルとして、改善を求める意見があります。どうということかといいますと、これを受注した場合にその工区での設計業務をコンサルタントが受注できない、あるいは工事業者は施工がその工事区間では取れないといった、競争参加をそこでネグレクトされてしまうということがございます。

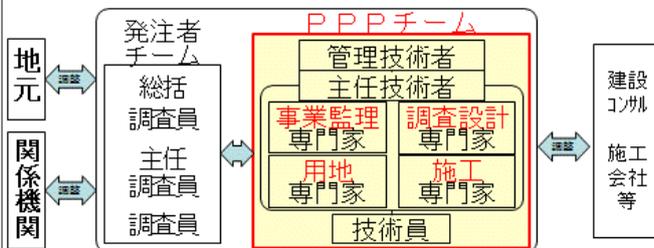
現場の声もお聞きしながら、できるだけそれに代わるようなインセンティブを含めて、どのような形で民の皆さんにここへの積極的な参加をしたい気持ちになっていただけるか。そのためにどういう仕組み作りがこれから求められるかという研究を進めているところでございます。

われわれの研究は、ただいま申し上げましたのは一部の例でありますけれども、現場の皆さんの実践を通じて研究成果を確かめていただき、また改善すべきところをご指摘いただきながら進めてまいり、これが当センターの研究の特徴であり、宿命的な性格であるというように思っております。

今後とも皆様方のご指導とご協力をお願いいたしまして私の発表とさせていただきます。どうも

官民連携による業務執行方式に関する研究

- 震災後事業化(平成23年11月)された復興道路・復興支援道路について、**事業促進PPPを導入(10工区)**
- 官民双方の技術者の多様な知識・豊富な経験の融合により、合理的、効率的に事業を推進
- ※全国約30件の事業に適用



21

官民連携による業務執行方式に関する研究

東北地整における実施効果

1. 事業化から1~2年程度で工事着手

○通常では、新規事業化後工事着手まで早くても4年程度要するが、事業促進PPPにより1~2年に短縮

2. 事業化から6~7年で開通の見通し

○復興道路等の5区間において、円滑な事業環境が整ったことから、開通見通しを公表。

3. 工事中工前の膨大な業務実施、コスト縮減、リスク回避



22

官民連携による業務執行方式に関する研究

事業促進PPPの効果検証と制度改善

■幅広い導入効果の検証

- ・事業促進効果(事業期間/工期の短縮,コスト縮減等)
- ・発注者のマネジメント力・技術力の向上
- ・受注者側(建設コンサルタント,施工者等)の効果など

■課題解決・制度改善の検討

- ・参加企業のモチベーション向上策の検討 (PPPの業務範囲と関連委託業務・工事への入札参加の制約,インセンティブ付与等)
- ・配置技術者の能力、貢献に見合ったフィーの設定など

23

ご清聴ありがとうございました。

—終了—

3.13 【特別セッション（維持管理）】すぐに役立つ道路構造物の維持管理 （道路構造物研究部長 真下 英人）

ただいまご紹介いただきました道路構造物研究部長の真下でございます。「すぐに役立つ道路構造物の維持管理」と題してお話をさせていただきます。

—スライド（講演内容）—

本日お話をさせていただく内容でございますが、道路構造物の老朽化対策は大きな課題となっており、今年の7月から道路橋、道路トンネルなどを対象に定期点検を行うことが義務付けられております。このため、本日は維持管理における技術基準の体系について簡単に紹介したうえで、技術者が現場で実際に点検と診断を行う際にぜひ知っておいていただきたいことを道路橋における点検のポイント、それから道路トンネルにおける診断のポイントとして紹介させていただきたいと思っております。

—スライド（維持管理における技術基準の体系）—

まず初めに、維持管理における技術基準の体系について簡単に紹介させていただきます。

—スライド（維持管理における技術基準の体系）—

道路構造物の老朽化対策を進めるには点検、診断、措置、記録というメンテナンスサイクルを確立することが重要となっております。このため、昨年には道路法が改正されまして、維持、点検、措置を講じることが規定されております。また、本年の3月には省令・告示が公布され、トンネル、橋などを対象に定期点検が規定されております。



写真-16 道路構造物研究部長 真下 英人

すぐに役立つ 道路構造物の維持管理

平成26年度 国土技術政策総合研究所 講演会
平成26年12月3日

国土技術政策総合研究所
道路構造物研究部長 真下英人

講演内容

- ・維持管理における技術基準の体系
- ・道路橋における点検のポイント
- ・道路トンネルにおける診断のポイント

国総研 国土技術政策総合研究所
National Institute for Road and Transport Safety and Management

維持管理における技術基準の体系

その内容としましては5年に1回近接目視を基本として実施すること、健全性の診断結果を4段階に区分することとなっております。また本年の6月には省令の規定に基づいて行う点検の最小限の方法、記録項目を規定した定期点検要領が道路橋、あるいは道路トンネルなどを対象に通知されているところでございます。

—スライド（健全性の診断結果の分類に関する告示）—

これは健全性の診断結果の分類に関する告示でございます。診断結果は1～4までに区分することになっておりまして、1が健全、2が予防保全段階、3が早期措置段階、4が緊急措置段階となっております。特に4の緊急措置の段階では「構造物の機能に支障が生じている、または生じる可能性が著しく、緊急に措置を講ずべき状態」となっておりまして、4の段階では緊急に措置を講ずることが求められます。

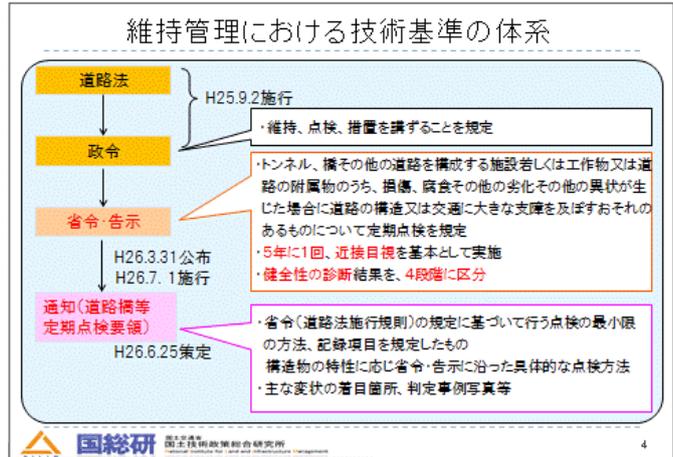
このような区分は道路橋、トンネル等すべての構造物に共通な分類でありまして、路線や地域などのマクロ的な状態把握が可能となっております。

—スライド（定期点検要領（平成26年6月））—

次に定期点検要領の概要でございますが、対象は道路橋、道路トンネル、シェッド・大型カルバート等、横断歩道橋、門型標識等となっております。

定期点検要領の内容でございますが、道路橋の場合には定期点検について最低限行われるべき事項と考えられる方法、記録項目を具体的に記したものとなっております、各項目について具体的な考え方や留意点を補足しております。また、一般的構造と主な着眼点、判定の手引きを付録として添付しております。

ほかの構造物につきましても、ほぼ同様な内容となっております。



健全性の診断結果の分類に関する告示

区分(告示)		例示(イメージ)	
I	健全 構造物の機能に支障が生じていない状態	—	
II	予防保全段階 構造物の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態	・過剰適切な修繕により健全な状態に回復可能な損傷(80年を越えても使用可能)	
III	早期措置段階 構造物の機能に支障が生じる可能性があり、早期に措置を講ずべき状態	・海岸部など立地環境の厳しい場所等で発生する塩害による断面欠損など放置すると4～5年のうちに致命的な状態になる損傷 ・大型車交通の影響による圧縮の損傷など放置すると4～5年のうちに緊急の対応が必要となる損傷	
IV	緊急措置段階 構造物の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急に措置を講ずべき状態	・圧縮の逃げ落ちが発生する可能性があるなど緊急の修繕が必要な損傷 ・桁のPCケーブル断断など致命的な損傷(落橋のおそれがあり通行止め等の必要)	

道路橋だけでなくトンネル等すべての構造物に共通な分類であり、路線や地域などのマクロ的な状態把握が可能。

定期点検要領(平成26年6月)

① 道路橋 ② 道路トンネル ③ シェッド・大型カルバート等
④ 横断歩道橋 ⑤ 門型標識等

道路橋定期点検要領

- 道路法施行規則第4条の5の2の規定に基づいて行う定期点検について、最低限行われるべき事項と考えられる方法、記録項目を具体的に記したものを。
- 各項目について、具体的な考え方や留意点を補足。
- 「一般的構造と主な着眼点」、「判定の手引き」を付録として添付。

—スライド(遠望目視の限界遠望目視での死角)—

また遠望目視には死角があることがあげられます。このような桁の端部、あるいは支承部、これらは遠望目視で見えることはできません。

—スライド(遠望目視の限界目視距離による見え方の違い(ひびわれ))—

さらに目視距離によって把握できる情報の信頼性が異なることがあげられます。遠い距離からの目視ではひび割れを見逃したり、あるいは蜘蛛の巣をひび割れと誤認したり、このようなリスクが存在いたします。

—スライド(必要に応じて、打音や触診を)—

一方、近接目視の場合には正確な事象が捕捉できるほか、測定により定量的に状態を把握することができます。また、必要に応じて打音や触診が必要となる場合があります、例えばこのような合マークがないボルトのゆるみ、あるいは外見上の変化が見られないボルトの破損、このようなものは目視では見つけることができず打音や触診が必要になってまいります。近接目視の場合にはこのような打音や触診を行うことが可能となります。

—スライド(第三者被害の懸念のある状態(うき、はくりなど)は速やかに措置することが不可欠)—

また、第三者被害の懸念のあるうき、はくりなどは速やかに措置することが不可欠でありまして、例えばこのような橋脚張り出し部、床版の下面に発生したうき、はくりなどの見落とし、処置漏れは第三者被害に直結するため注意が必要となります。

このようなはくりなどは打音により見つかる

遠望目視の限界

遠望目視では、死角がある



遠望目視での死角



桁端部



支承部

遠望目視の限界

目視距離による見え方の違い(ひびわれ)

(遠い)



見逃しリスクの存在

目視距離



誤認リスクの存在

(近い)



蜘蛛の巣
ひびわれ
寸法の測定

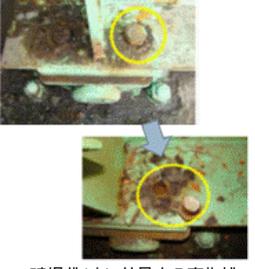
正確な事象の捕捉

- ✓ 目視距離によって、把握できる情報の信頼性が異なる。
- ✓ 近接目視の場合には、正確な事象の捕捉の他、測定により定量的に状態を把握できる。

必要に応じて、打音や触診を



合マークがなく目視ではゆるみを判断できない。



破損ボルトに外見上の変化が見られない事例(打音により発見)

第三者被害に懸念のある状態(うき、はくりなど)は速やかに措置することが不可欠



橋脚張り出し部



床版下面

見落とし、処置漏れは第三者被害(コンクリート片落下)に直結

国総研 国土交通省政策総合研究所

ものでございまして、また打音を行う際には軽微な浮きであればその場で叩き落とすことができるというようなことがあります。

—スライド（写真撮影時のポイント）—

また、点検時には写真撮影を行います。写真撮影にもいくつかのポイントがございます。1つ目は黒板を入れ撮影地を特定すること。2つ目は対象や目的を明確に構図を工夫することでございます。これはよい例で撮影対象が明確で、寸法の記載があり規模の把握が可能です。一方悪い例としましては、撮影対象が不明確で、黒板位置が悪く内容が確認できない、あるいは黒板が主となり損傷が把握しにくいといったものであります。

写真撮影時のポイント

- ✓ 黒板を入れ、撮影位置を特定。(橋梁名、部材名、部材番号、損傷の種類) ただし、黒板で撮影対象物を隠さないように。
- ✓ 対象や目的を明確にし、構図(撮影対象物の大きさ)を工夫。
- ✓ スケールが判るようなものを添えておくことが望ましい。
- ✓ 様式にこだわらず、必要な情報を写真として記録しておくことが望ましい。

【良い例】



撮影対象が明確
寸法の記載があり規模の把握が可能。

【悪い例】



撮影対象が不明確
黒板位置が悪く、内容を
確認できない。



黒板が主となり、損傷
が把握しにくい。

国総研 国土技術政策総合研究所

—スライド（鋼部材の点検のポイント：腐食（腐食しやすい箇所））—

ここからは各部材の点検のポイントについて紹介をしてみたいと思います。まずは鋼部材の腐食であります。これは桁の端部、排水装置の直下、あるいは高力ボルト連結部に発生した腐食の例であります。鋼部材の腐食につきましては発生しやすい箇所がほぼ決まっております。具体的には漏水の多い桁の端部、水平材上面など滞水しやすい箇所、通気性、排水性の悪い支承部周辺や連結部、泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面、溶接部などとなっております、これらの場所を重点的に点検することがポイントとなります。

鋼部材の点検のポイント：腐食



桁端部の腐食
下フランジ部が特に進行している



排水装置直下の腐食



高力ボルト連結部の腐食

✓ 腐食しやすい箇所：

- ・漏水の多い桁端部
- ・水平材上面など滞水しやすい箇所
- ・通気性、排水性の悪い支承部周辺や連結部
- ・泥、ほこりの堆積しやすい下フランジの上面
- ・溶接部 等

国総研 国土技術政策総合研究所

—スライド（鋼部材の点検のポイント：腐食）—

また主桁に関しましては、この例のように主桁の外側では一般部では異常な錆は見られなくても、下フランジとウェブの溶接部で著しい腐食と断面欠損が生じて、部材の剛性や耐荷力が大きく低下していることがあること、あるいは主桁の内側でも全体にわたり著しい腐食や

鋼部材の点検のポイント：腐食



主桁外側

ウェブ一般部では、異常なさびは見られない。(1箇所亀裂)
下フランジとウェブの溶接部で著しい腐食と断面欠損



主桁内側

全体にわたり、著しい腐食や断面欠損

- ✓ 雨水により表面が洗われる外面よりも内面で異常なさびが進行することがある。
- ✓ ウェブやフランジの断面欠損が大きい場合でも、接合する溶接部の断面欠損が大きい場合、部材の剛性や耐荷力が大きく低下していることが見込まれる。

国総研 国土技術政策総合研究所

断面欠損が生じている場合があること。このようなことに留意する必要があります。

—スライド（鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断）—

次に鋼部材の亀裂・破断であります。亀裂・破断に関しましてはまず対象とする部材によって亀裂の橋全体への影響が大きく異なるということに留意する必要があります。

すなわち水平荷重に抵抗する部材としましては対傾構、横構などがありますが、これらの部材に発生する亀裂の橋全体への影響は限定的となっております。

鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断

主に**水平荷重に抵抗**する部材：対傾構、下横構、床版
亀裂の橋全体への影響は、限定的。

国総研 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

18

—スライド（鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断）—

一方、鉛直荷重に抵抗する部材としましては、主桁、横桁などがありますが、これらに発生する亀裂は致命的となる可能性があり、損傷の大きさだけで部材や橋におよぼす影響は決まらないことに留意する必要があります。

鋼部材の点検のポイント：亀裂・破断

主に**鉛直荷重に抵抗**する部材：主桁、横桁、床版
亀裂は、致命的となる可能性がある。
✓ 損傷の大きさだけで、部材や橋に及ぼす影響は決まらない。

国総研 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

19

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント：変色）—

次にコンクリート部材の点検のポイントであります。まず1つ目は、変色に着目するという点であります。これはPC箱桁下床版の下面に変色部が発生した例であります。変色部をはつてみたところ、このようなPC鋼材の著しい腐食・破断が見られた例であります。このようにコンクリート変色部では、内部で損傷が進行している場合があるため注意が必要となっております。

コンクリート部材の点検のポイント：変色

PC箱桁下床版下面に変色部

変色部のはつり調査

PC鋼材の著しい腐食・破断

✓ コンクリート変色部では、内部で損傷が進行している場合がある。

国総研 国土技術政策総合研究所
National Institute for Land and Infrastructure Management

20

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント（補強部材の損傷））—

次に補強部材の損傷であります。これは塩害による断面修復箇所、それからその外側でひび割れやうきが発生した例であります。このように補修または補強した箇所では、再劣化に注意が必要で

あり、補強効果が失われていたり、内部で損傷が進行している可能性があります。

—スライド（コンクリート部材の点検のポイント（PC）間詰め部）—

また、コンクリート部材ではPC橋のT桁の間詰め部、この部分であります。この部分にも注意を払う必要があります。特にPC橋の標準設計は1969年に改訂されており、この改訂以前の設定ではフランジ端部にテーパがありませんので、間詰め部との境界が劣化すると、このような間詰めコンクリートの抜け落ちが発生する可能性があるため注意が必要となってまいります。

—スライド（床版の点検のポイント）—

次に床版の点検のポイントであります。床版におきましては、まず舗装の異常に着目することがポイントとなります。これは舗装にひび割れ、石灰分浸出が見られたので床版下面を見てみたところ、コンクリートの変色、ひび割れが見つかった例であります。

舗装のひび割れから水が浸入すると、床版の損傷を著しく進行させることがあり、舗装に著しい異常が生じた場合、床版コンクリートが著しく劣化し、土砂化している場合があるため注意が必要となってまいります。

—スライド（床版の点検のポイント）—

また、鋼板接着により補強された床版コンクリートでは劣化状況を目視により確認することができないということにも注意が必要であります。これは舗装にひび割れ、陥没が見られたため床版下面を見てみたところ、このような補強鋼板が接着されており、床版コンクリートの状態が確認できなかつた例であります。

コンクリート部材の点検のポイント
補強部材の損傷



塩害による断面修復箇所：修復箇所やその外側でひび割れ・うき

- ✓ 補修または補強した箇所では再劣化に注意。
- ✓ 補強効果が失われていたり、内部で損傷が進行している可能性がある。

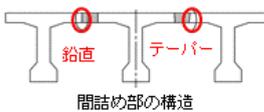
国総研 国土技術政策総合研究所

コンクリート部材の点検のポイント



PCT桁の間詰め部での漏水 間詰めコンクリートの抜け落ち

建設省標準設計(1969)
前：テーパ無し 後：テーパ有り

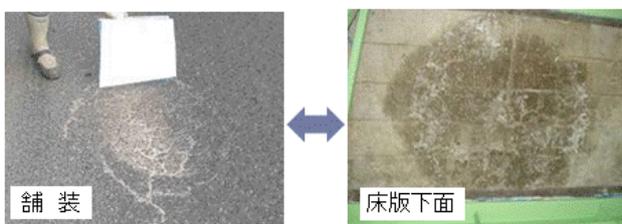


間詰め部の構造

- ✓ 古いT桁では、フランジ端部にテーパがないので、間詰めとの境界部が劣化すると、間詰めコンクリートが抜け落ちる可能性がある。

国総研 国土技術政策総合研究所

床版の点検のポイント



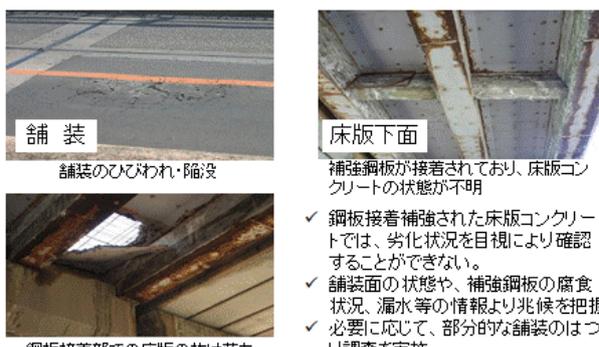
舗装 床版下面

舗装のひびわれ、石灰分浸出 コンクリートの変色、ひび割れ

- ✓ 舗装のひび割れから水が浸入すると、床版の損傷を著しく進行させることがある。
- ✓ 舗装に著しい異常が生じた場合、床版コンクリートが著しく劣化し、土砂化している場合がある。

国総研 国土技術政策総合研究所

床版の点検のポイント



舗装 床版下面

舗装のひびわれ・陥没 補強鋼板が接着されており、床版コンクリートの状態が不明

- ✓ 鋼板接着補強された床版コンクリートでは、劣化状況を目視により確認することができない。
- ✓ 舗装面の状態や、補強鋼板の腐食状況、漏水等の情報より兆候を把握。
- ✓ 必要に応じて、部分的な舗装のはつり調査を実施。

国総研 国土技術政策総合研究所

この橋では別の個所で、このような鋼板接着部での床版の抜け落ちが発生しており、舗装面の状態や補強鋼板の腐食状況、漏水等の兆候を把握し、必要に応じて部分的な舗装のはつり調査を実施することが重要となってまいります。

—スライド（下部構造の点検のポイント）—

次に下部構造であります。下部構造におきましては外見からは判断できない基礎の変状を見つけることがポイントとなります。これはアルカリ骨材反応によりフーチングにひび割れが発生し、鉄筋破断が生じた例であります。地中にある基礎の変状を見つけるには、掘削を行わないと分かりませんが、例えばこの例ではこのような地表面付近にひび割れが発生しており、地表面付近のこのようなひび割れを見つけることによって兆候を見つけ、必要があれば掘削調査を行うということがポイントとなってまいります。

下部構造の点検のポイント

橋脚
地表面付近のひび割れ

フーチング（掘削後）
フーチングのひび割れ
鉄筋破断

- ✓ 地中部の基礎でもアルカリ骨材反応によりひび割れが生じていることがある。
- ✓ 地表面付近に生じているひび割れ等より兆候を補足し発見。
- ✓ 必要があれば、掘削調査も。

国総研 国土技術政策総合研究所

—スライド（下部構造の点検のポイント（橋台背面））—

また、下部構造につきましては増水時に水の流力が強く当たる箇所、いわゆる水衝部、この部分で橋台が突出する場合には流水の影響により洗掘が生じやすいことに注意を払う必要があります。洗掘が発生しますと、橋台が沈下・傾斜するほか、橋台背面の土砂が吸出しで流れ出し、このような路面の陥没、あるいは舗装面のひび割れが生じている可能性もあるため注意が必要となってまいります。

下部構造の点検のポイント

橋台基礎の洗掘（水衝部）

過去に橋台背面で路面陥没

背面土砂が流出し、基礎が露出

- ✓ 水衝部（増水時に水の流力が強く当たる箇所）で橋台が突出している場合、流水の影響により洗掘が生じやすい。
- ✓ 洗掘により橋台が沈下・傾斜するほか、背面の路面が陥没する可能性がある。
- ✓ 舗装面のひび割れが生じている可能性も

国総研 国土技術政策総合研究所

—スライド（伸縮装置の点検のポイント：遊間異常）—

最後に伸縮装置であります。伸縮装置におきましては、遊間異常に着目することがポイントとなります。このように伸縮装置の遊間が異常に狭い、あるいは伸縮装置の遊間が左右で不均等といった異常が生じる場合には、地震の影響

伸縮装置の点検のポイント：遊間異常

伸縮装置の遊間が異常に狭い。

支承が変形。

伸縮装置の遊間が左右（橋軸直角方向）で不均等

- ✓ 伸縮装置の遊間で異常が生じている場合、地震の影響による下部工の変位、支承の損傷、上部工の異常等が生じていることがある。

国総研 国土技術政策総合研究所

により下部工の変位、あるいは支承の損傷、上部工の異常等が生じていることがあるため注意が必要となってまいります。

—スライド（道路橋の点検で参考となる資料）—

以上が道路橋の点検のポイントでございますが、国総研では道路橋の点検で参考になる資料としまして、「橋梁損傷事例写真集」というものを国総研資料として公開しております。これらは国総研のホームページよりダウンロードできますので、ぜひご活用いただけたらと思います。

道路橋の点検で参考となる資料

直轄道路の定期点検に関する技術情報と損傷事例

- ▶ 国土技術政策総合研究所資料 196号
「道路橋の定期点検に関する参考資料
～橋梁損傷事例写真集～」
- ▶ 国土技術政策総合研究所資料 748号
「道路橋の定期点検に関する参考資料(2013年版)
～橋梁損傷事例写真集～」

国総研のHPよりダウンロードできます！

<http://www.nilim.go.jp>

 28

—スライド（道路トンネルにおける診断のポイント）—

それではここからは道路トンネルにおける診断のポイントについてお話をさせていただきます。

道路トンネルの場合は構造は比較的単純で、使用する材料も主としてコンクリートとなるため、発生する変状は覆工のひび割れ、うき、はく離、あるいは路面の変形などとほぼ決まっております。点検作業はそれほど難しいものではありません。しかし、点検結果を受けた診断を行う際には予備知識としてぜひ知っておいていただきたいポイントがいくつかありますので、本日はこれらについて紹介をさせていただきます。

道路トンネルにおける診断のポイント



—スライド（トンネルの診断で行うこと）—

まずトンネルの診断で行うことでありますが、大きく2つございます。1つ目は変状を発生原因により外力、材質劣化、漏水に区分すること。

2つ目は変状の種類、これは圧ぎ、ひび割れ、うき、はく離、変形、移動、沈下、鋼材腐食、有効巻厚不足または減少、漏水等による変状、6つに分類されますが、変状の種類ごとにその

トンネルの診断で行うこと

- ・変状を発生原因により、外力、材質劣化、漏水に区分
- ・変状の種類に応じて利用者の安全性、トンネル構造の安全性の観点から対策の必要性和その緊急度を判定

変状種類	変状区分		
	外力	材質劣化	漏水
①圧ぎ、ひび割れ	○		
②うき、はく離	○	○	
③変形、移動、沈下	○		
④鋼材腐食		○	
⑤有効巻厚の不足または減少		○	
⑥漏水等による変状			○



発生原因がこの表の丸印に該当する場合に、利用者の安全性、トンネル構造の安全性の観点から対策の必要性とその緊急度を判定することとなります。

—スライド（診断で重要な2つのポイント）—

このため、診断におきましては2つの重要なポイントがあります。1つ目は変状の発生原因の区分でありまして、見つけた変状がその発生原因が外力の作用によるものか、あるいは材質劣化によるものかを判別すること。特にひび割れにつきましては、外力によるものと、材質劣化によるものの判別が重要となっております。

2つ目が対策の必要性とその緊急度の判定でありまして、利用者の安全性という観点からは、見つかったひび割れがコンクリートのはく落につながるものかどうか判断すること、あるいは漏水の程度、位置は利用者に影響を与えるものかどうかを判断すること、それからトンネル構造の安全性という観点から見つかった変状は構造全体の崩壊につながるような危険な変状であるかどうかこれを判断すること。これが重要となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の種類）—

これはトンネルに発生する変状の種類を、発生する部位との関係で整理したものであります。主なものとしましては1. 覆工・坑門のひび割れ、うき・はく離、2. 覆工・坑門の変形、移動、沈下、3. 水平打ち継目、横断目地の段差、4. 路面・路肩のひび割れ、隆起、5. 側溝、監査歩廊のひび割れ変形、6. 鋼材腐食、7. 覆工の巻厚不足、減少、8. 漏水となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の例（その1））—

これはトンネルに発生する変状の例を示したものであります。覆工のひび割れ、坑門のひび

診断で重要な2つのポイント

- ・変状の発生原因の区分
外力の作用によるものか、材質劣化によるものか？
特に、ひび割れについては、外力によるものと材質劣化によるものの判別が重要
- ・対策の必要性とその緊急度の判定
利用者の安全性 →コンクリートのはく落につながるひび割れ、漏水の程度・位置
トンネル構造の安全性 →構造全体の崩壊につながる変状

国総研 国土交通政策総合研究所

トンネルに発生する変状の種類

- ・覆工、坑門のひび割れ、うき・はく離
- ・覆工、坑門の変形、移動、沈下
- ・水平打ち継目、横断目地の段差
- ・路面、路肩のひび割れ、隆起
- ・側溝、監査歩廊のひび割れ、変形
- ・鋼材腐食
- ・覆工の巻厚不足、減少
- ・漏水

国総研 国土交通政策総合研究所

トンネルに発生する変状の例(その1)

覆工のひび割れ

坑門のひび割れ

覆工のうき・はく離

横断目地の段差

国総研 国土交通政策総合研究所

割れ、覆工のうき・はく離、横断目地の段差となっております。

—スライド（トンネルに発生する変状の例（その2））—

同じく路面の隆起、側溝・監査歩廊の変形、鋼材腐食、漏水となっております。

—スライド（トンネルの変状の主な発生原因）—

それではこのような変状はどういう原因でできるかということですが、変状の発生原因は大きく3つに分けることができます。1つ目は外力でありまして、主なものとして土圧の作用、地すべり、水圧、凍上圧の作用、地震、支持力不足といったものであります。

2つ目は材質劣化で、経年劣化、温度・乾燥の影響によるコンクリートの収縮、施工方法、具体的にはコンクリートの打込みの中断、不足、不十分な締固め、養生不良、型枠の据え付け・脱型・沈下、さらには使用材料ということで、具体的には鋼材腐食、アルカリ骨材反応となっております。

3つ目が漏水でありまして、これはひび割れの発生、地下水の存在、防水工・排水工の不良ということが原因となります。

—スライド（外力の作用による変状の例（その1））—

これは外力の作用による変状の例でありまして、土圧の作用によりひび割れが発生したもの、同じく土圧の作用によるひび割れ、それから土圧の作用による路面隆起、土圧の作用による側溝・監査歩廊の変形となっております。

—スライド（外力の作用による変状の例（その2））—

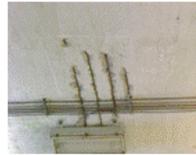
トンネルに発生する変状の例(その2)



路面の隆起



側溝・監査歩廊の変形



鋼材腐食



漏水

トンネルの変状の主な発生原因

外力

- ・土圧
- ・地すべり
- ・水圧、凍上圧
- ・地震
- ・支持力不足

材質劣化

- ・経年劣化
- ・コンクリートの収縮(温度・乾燥)
- ・施工方法
 - 打込みの中断、不足
 - 不十分な締固め
 - 養生不良
 - 型枠の据え付け・脱型・沈下
- ・使用材料
 - 鋼材腐食
 - アルカリ骨材反応

漏水

- ・ひび割れの発生
- ・地下水の存在
- ・防水工・排水工の不良

外力の作用による変状の例(その1)



土圧(ひび割れ)



土圧(ひび割れ)



土圧(路面隆起)



土圧(側溝・監査歩廊変形)

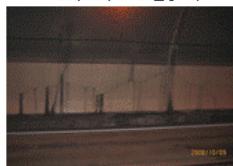
外力の作用による変状の例(その2)



土圧(ひび割れ)



地すべり(ひび割れ)



水圧(ひび割れ)



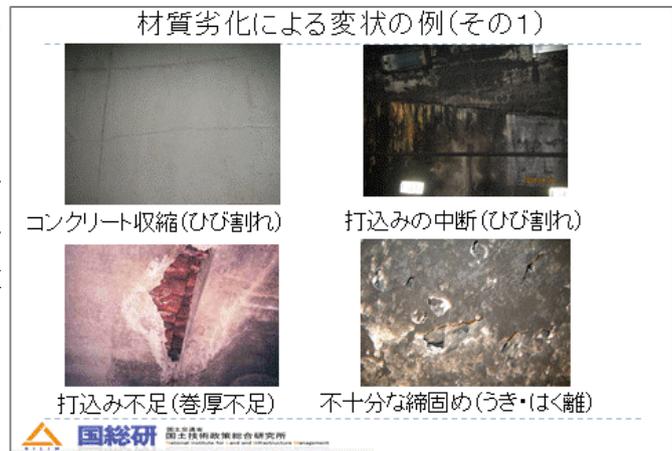
地震(ひび割れ)

2)) —

同じく土圧の作用によるひび割れ、地すべりによるひび割れ、水圧の作用によるひび割れ、地震によるひび割れとなっております。

—スライド（材質劣化による変状の例（その1））—

一方、これは材質劣化による変状の例を示したものであります。コンクリート収縮によるひび割れ、コンクリートの打込みの中断によるひび割れ、コンクリートの打込み不足による巻厚不足、不十分な締固めによるうき・はく離となっております。



—スライド（材質劣化による変状の例（その2））—

同じく材質劣化による変状の例で型枠の据え付け時に発生するひび割れ、鋼材腐食、アルカリ骨材反応によるひび割れとなっております。



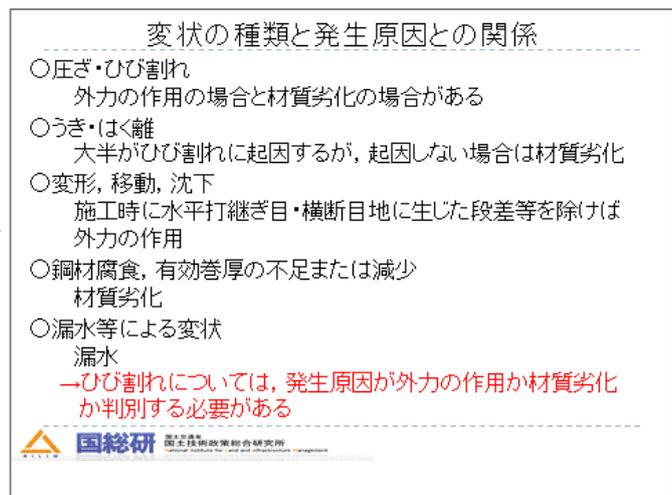
—スライド（変状の種類と発生原因との関係）—

このように見てきますと、変状の種類によっては複数の原因が考えられるものがあることが分かります。これは変状の種類と発生原因との関係を整理したものであります。

まず圧ぎ・ひび割れ。これに関しましては外力の作用の場合と材質劣化の場合があることが分かっています。なお、圧ぎというのはコンクリートの曲げ圧縮破壊によって生じるもので、ひび割れの一種と考えることができます。

それからうき・はく離。これに関しましては、大半がひび割れに起因するが、起因しない場合は材質劣化ということが分かっております。

また変形、移動、沈下。これは施工時に水平打ち継目・横断目地に生じた段差等を除けば外力の作用ということが分かっております。



また、鋼材腐食、有効巻厚の不足または減少、これは材質劣化です。漏水等による変状は漏水ということになります。

このように見てみますと変状の多くはその発生原因が明確になっていると思いますが、ただひび割れだけにつきましては発生原因が外力の作用の場合と、材質劣化の場合があるため、それを判別するということが必要になってまいります。

—スライド（ひび割れの発生原因の判別方法（第一段階））—

それでは、点検でひび割れが見つかった場合に、どのようにしてその発生原因を判別するかということになりますが、まず第1段階としては点検から得られたひび割れの情報から判別するという方法があります。その際の着目するポイントとしましては、圧ぎ、せん断、引張りといったひび割れの種類、ひび割れの発生位置と方向、過去の点検記録がある場合はひび割れの進行性ということに着目すれば良いということになります。

ひび割れの発生原因の判別方法(第一段階)
点検から得られたひび割れの情報から判別

- ・ひび割れの種類(圧ぎ, せん断, 引張り)
- ・ひび割れの発生位置と方向
- ・ひび割れの進行性(過去の点検記録がある場合)



—スライド（ひび割れの種類と変状原因との関係）—

これは1つ目の着目のポイントであるひび割れの種類と変状原因との関係であります。ここに示しますような曲げ圧縮ひび割れ、いわゆる圧ぎ、あるいはこのようなせん断ひび割れ、これは外力の作用により発生するものであります。

一方、引張りのひび割れ。これは外力作用の場合と材質劣化の場合が考えられるため、別の情報を用いてその原因を判別する必要があります。

ひび割れの種類と変状原因との関係



圧ぎ(曲げ圧縮ひび割れ) せん断ひび割れ →外力作用による

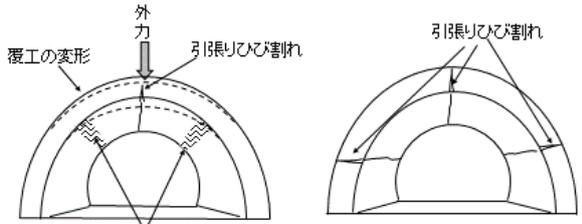
引張りひび割れ →外力作用と材質劣化が考えられる



—スライド（ひび割れの発生位置と変状原因との関係（縦断方向））—

2つ目のひび割れの着目点である発生位置と変状原因との関係であります。まず縦断方向のひび割れに対しましては、例えばこのよう

ひび割れの発生位置と変状原因との関係(縦断方向)



曲げ圧縮ひび割れ 引張りひび割れ

外力(上方からの土圧作用) 材質劣化(コンクリート収縮)

→外力作用の場合は、初めに引張りひび割れが発生し、変形が進むと圧ぎ(曲げ圧縮ひび割れ)が発生することが多い



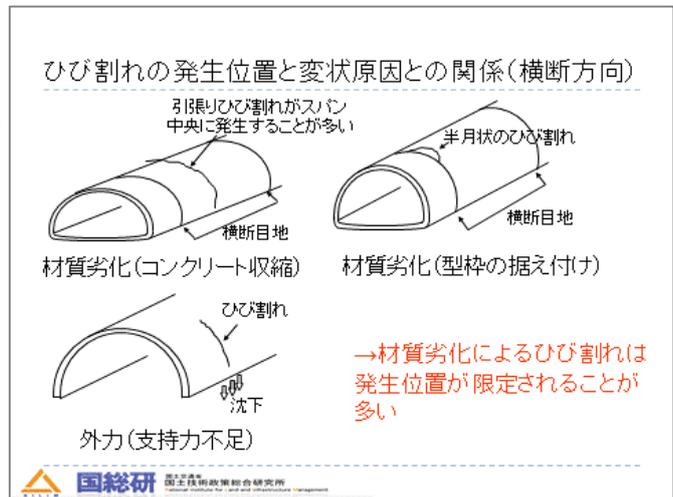
なトンネルの頂部に出る引張りのひび割れ。これに対しましては、ここにありますように外力として上方から土圧が作用した場合、あるいは材質劣化のコンクリートの収縮によっても発生するということがありまして、なかなかこのような天端に発生した引張りのひび割れを判別するのは難しいというのが現状であります。

ただし、外力が作用した場合には、初めに引張りのひび割れが発生し、変形が進むと別の個所にこのような圧ぎが発生することが多いということが分かっておりますので、周辺のひび割れの発生状況をよく見ることによって変状の発生原因の判別をできる場合があります。

また一般に外力が作用する場合にはトンネルの全延長にわたって同じ荷重が作用するということはありませんので、トンネル全延長にわたって同じ位置にこのような引張りのひび割れが続いて発生する場合、そのような場合には材質劣化が疑われるということになります。

—スライド（ひび割れの発生位置と変状原因との関係（横断方向））—

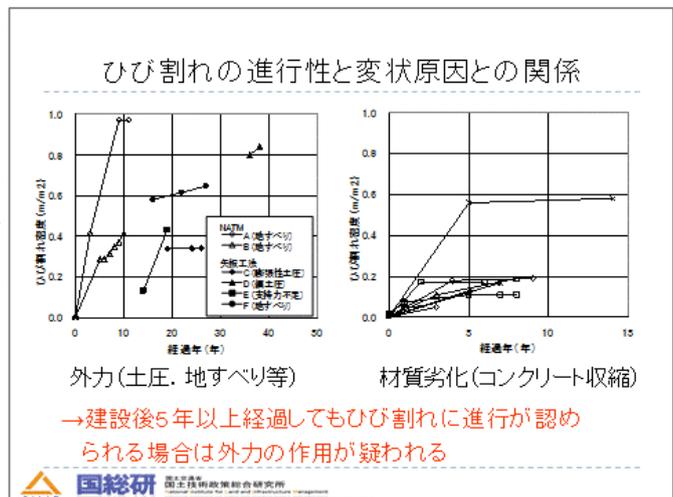
それから、同じくひび割れの発生位置と変状原因との関係で、横断方向のひび割れであります。まず、材質劣化のコンクリート収縮が原因となる場合には、ここにありますように引張りのひび割れがスパン中央に発生することが多いということが分かっております。また、材質劣化の型枠の据え付けが原因となる場合には、横断目地付近にこのような半月状のひび割れが出るということが分かっております。一方、外力の支持力不足によってもこのようなひび割れが発生しますが、この場合にはひび割れの発生する場所は限定されません。



このように材質劣化によるひび割れは、発生原因位置が限定されることが多いため、発生位置に着目することによって変状原因が判別できる場合があります。

—スライド（ひび割れの進行性と変状原因との関係）—

3つ目の着目点であるひび割れの進行性と変状原因との関係であります。これはいくつかのトンネルの点検データから発生したひび割れの密度と、トンネルができてからの経過年との関係を外力が作用した場合と、材質劣化の場合に分けて示したものであります。



この図からも分かりますように、外力が原因となる場合には、ひび割れはトンネルができて

から10年以上経ってもまだ増える傾向にあるということが分かります。一方、材質劣化の場合には5年もするとひび割れはほぼ収束して、増加が見られないということが分かります。従いまして、建設後5年以上経過してもひび割れに進行が見られる場合は、外力の作用を疑えば良いということになります。

—スライド（ひび割れの発生原因の判別方法（第二段階））—

このように、ひび割れの情報に着目することによって多くのひび割れはその発生原因を判別することができますが、それでもひび割れの発生原因が判別できない場合には必要に応じて実施する調査から得られる情報、例えばひび割れの貫通の程度とか、トンネル周辺の地形・地質、施工時のトンネル挙動、周辺の地下水状態、こういう情報を加えて総合的に判別することが必要となってまいります。

ひび割れの発生原因の判別方法(第二段階)

ひび割れの情報から判別できない場合
→必要に応じて実施する調査から得られる情報を加えて総合的に判別

- ・ひび割れの貫通の程度, 断面内の方向
- ・トンネルの施工法
- ・トンネル周辺の地形・地質
- ・トンネルの形状, 大きさ, 構造, 強度
- ・施工時のトンネル挙動
- ・周辺の構造物の有無
- ・周辺の地下水状態



—スライド（変状の発生原因と対策の必要性の考え方）—

次に変状の発生原因と対策の必要性の考え方について紹介をしたいと思います。まず、トンネル構造の安全性ということにつきましては、発生する変状の原因が外力の作用による場合、この場合にはトンネル構造全体の崩壊につながるおそれがあります。ただし、軽微な引張りのひび割れは、直ちに崩壊に至る可能性は小さいということも分かっております。

変状の発生原因と対策の必要性の考え方

- 外力の作用による場合
トンネル構造全体の崩壊につながるおそれ有り
ただし、軽微な引張りひび割れは、直ちに崩壊に至る可能性は小さい
- 材質劣化による場合
有効巻厚が極端に不足するという特殊な場合を除けばトンネル構造の安全性に影響は無い
- 漏水の場合
トンネル構造の安全性に影響は無い
→対策の必要性は、外力作用の場合はトンネル構造の安全性と利用者の安全性、材質劣化・漏水の場合は利用者の安全性の観点から判断する必要有り



一方、材質劣化による場合、この場合には有効巻厚が極端に不足するという特殊な場合を除けば、トンネル構造の安全性に影響はないということが分かっております。

また、漏水の場合もトンネル構造の安全性に影響はないということが分かっております。

一方、利用者の安全性という観点から考えますと、想定すべき被害はコンクリート片の落下、あるいは漏水の落下ということですので、これに対しましては変状の発生原因に関係なく、対策の必要性を考えていく必要が生じます。従いまして、対策の必要性は外力作用の場合は、トンネル構造の安全性と利用者の安全性。材質劣化、漏水の場合は、利用者の安全性の観点から判断する必要があるということになります。

—スライド（早急な対策が必要となる変状）—

それでは早急な対策が必要となる変状は具体的にどのようなものかということになりますと、まず利用者の安全性。これは外力作用、材質劣化、漏水の場合、いずれの場合も検討しなければなりません。まずコンクリート片のはく落の防止ということが必要となってきます。そのため、ひび割れの閉合によるブロック化、あるいは表面の劣化等による小片のはく落、これらに対して注意を払う必要があります。また、漏水につきましましては車道に落下するようなもの、これらに注意を払う必要があります。

一方、トンネル構造の安全性という観点からいいますと、外力作用により発生した変状のうち、圧ざ、せん断ひび割れ、あるいは著しい進行性が見られる変状、特に路面・路肩の隆起、側溝・監査歩廊の変形、これらに注意を払う必要が出てまいります。

早急な対策が必要となる変状

- 利用者の安全性(外力作用, 材質劣化, 漏水)
 - ・コンクリート片のはく落
 - ひび割れの閉合によるブロック化
 - 表面の劣化等による小片のはく落
 - ・漏水
 - 車道に落下する
- トンネル構造の安全性(外力作用)
 - 圧ざ, せん断ひび割れ
 - 著しい進行性が見られる変状
 - 特に, 路面・路肩の隆起, 側溝・監査歩廊の変形


国総研 国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

—スライド（利用者の安全性から早急な対策が必要な変状（ブロック化によるはく落））—

これは利用者の安全性から早急な対策が必要な変状のうち、ブロック化によるはく落の例であります。このようにひび割れと横断目地との組み合わせ、同じくひび割れと横断目地との組み合わせでブロック化したもの。あるいは複数のひび割れが交差してブロック化したもの。このような変状に対しましては、早急な対策が必要となってまいります。

利用者の安全性から早急な対策が必要な変状
(ブロック化によるはく落)

 ひび割れと横断目地との組合せ	 ひび割れと横断目地との組合せ
 複数のひび割れが交差	 複数のひび割れが交差


国総研 国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

—スライド（利用者の安全性から早急な対策が必要な変状（コンクリート小片のはく落））—

また、コンクリート小片のはく落に関しましては、このように表面劣化して表面がボロボロ落ちるもの、あるいは横断目地部の欠け、このようなものに対して早急な対策が必要となってまいります。

利用者の安全性から早急な対策が必要な変状
(コンクリート小片のはく落)

 表面劣化	 横断目地部の欠け
--	---


国総研 国土交通省 国土技術政策総合研究所
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

—スライド（構造の安全性から早急な対策が必要な変状）—

一方、トンネルの構造の安全性から早急な対策が必要な変状ということですが、ここに示すような圧ぎ、あるいはせん断ひび割れ、また進行性が著しい側溝・監査歩廊の変形、路面・路肩の隆起、このような変状を見つけた場合には要注意ということになります。

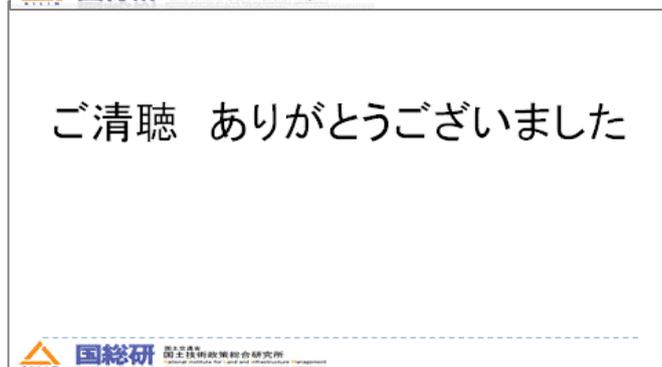
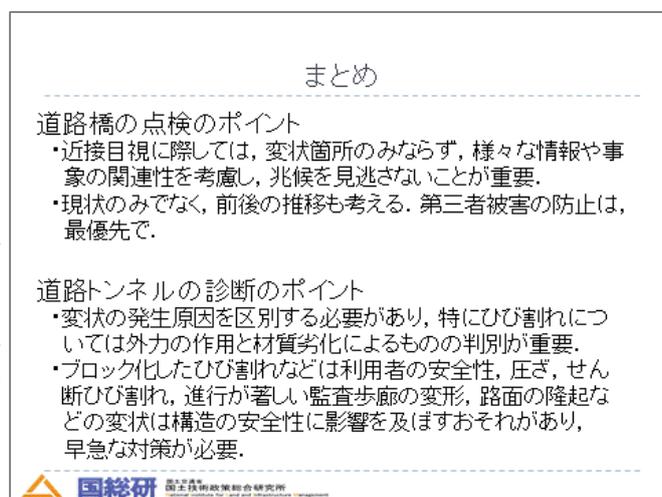


—スライド（まとめ）—

以上が、道路トンネルの診断のポイントでございます。最後に、本日お話をさせていただいたまとめになりますが、まず道路橋の点検のポイントであります。近接目視に際しては変状箇所のみならず、さまざまな情報や事象の関連性を考慮し、兆候を見逃さないことが重要であるということ。また、現状のみでなく、前後の推移も考える。第三者の被害の防止は最優先で行うということになります。

次に道路トンネルの診断のポイントですが、変状の発生原因を区別する必要があります。特にひび割れについては外力の作用と材質劣化によるものの判別が重要であるということ。ブロック化したひび割れなどは利用者の安全性、それから圧ぎ、せん断ひび割れ、進行が著しい監査歩廊の変形、路面の隆起などの変状は構造の安全性に影響をおよぼすおそれがあり早急な対策が必要であるということでもあります。

以上、駆け足になりましたがこれで私の発表を終わらせていただきます。どうもご清聴ありがとうございました。



第4章 閉会の挨拶

副所長 山本 浩

4. 閉会のあいさつ (副所長 山本)

平成 26 年度国総研講演会の閉会に当たりまして一言ご挨拶申し上げます。

本日は師走の大変お忙しい中、また長時間この最後の時間までお残りいただきまして本当にありがとうございます。私どもいろいろな分野で取り組んでおりますけれども、今回こういう形で最新の成果についてご報告させていただきました。



写真-17 副所長 山本

どれぐらいこれからお役に立つ

のか分かりませんが、ぜひ私どもの成果、あるいは冒頭で私どもの所長あるいは研究総務官のほうからお話がありましたけれども、私どもは研究をやっているだけではなくて、その技術成果を広く皆さんに使っていただくという形でいろいろと活動しております。そういった観点から、ぜひ私ども国総研の組織、あるいはこの力を活用いただければというようにも思う次第でございます。

それから一言お礼を申し上げなければなりませんけれども、きょう特別講演会で東京都市大学の副学長であります三木先生から大変貴重なご講演をいただきました。長い時間の講演会でしたので、最後皆様お疲れだったと思いますけれども、先生のお話でだいぶ目が覚めたのではないかと思います。本当にありがとうございます。改めてお礼を申し上げたいと思います。

私どもはいろいろなことをやっておりますけれども、これからも皆様方の叱咤激励を得ながらこの国をよくするために頑張っていきたいと思っております。ぜひ引き続き暖かいご支援、ご指導、ご鞭撻をお願いしたいと思っております。きょうは本当に長時間ありがとうございました。改めてお礼申し上げます。

参 考

1. パンフレット
2. リーフレット

平成26年度 国土交通省



国総研講演会

平成26年 **12月3日** (水)

10:20開演 (10:00開場)

日本消防会館 (ニッショーホール)
(東京都港区虎ノ門2-9-16)

入場無料
定員700名
(申込み先着順)

プログラム

● 特別講演 (16:20~17:20)

『社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか』

東京都市大学副学長・総合研究所教授 三木 千壽



● 一般講演 (10:30~17:50)

国総研の最近の話題

すぐに役立つ土砂災害対策

国民・社会の要請に応えるための建築分野の取り組み

防災都市づくりのための研究開発の最新動向と今後の展開

2050年に向けた建築分野における温室効果ガス排出低減の鍵

IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意

東アジア地域を中心とした輸送円滑化方策に関する研究

空港民営化における地震リスクマネジメント手法の開発と

インフラ管理効率化への取り組み

激甚化する水災害へのITC戦略

下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向

すぐに役立つ道路交通データ、交通安全対策、LCA技術

分野横断的研究の推進

～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～

すぐに役立つ道路構造物の維持管理

研究総務官 藤田 光一

土砂災害研究部長 渡 正昭

建築研究部長 五條 渉

都市研究部長 金子 弘

住宅研究部長 澤地 孝男

沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武

港湾研究部長 小泉 哲也

空港研究部長 菅沼 史典

河川研究部長 鳥居 謙一

下水道研究部長 高島 英二郎

道路交通研究部長 森 望

防災・メンテナンス基盤研究センター長 高野 匡裕

道路構造物研究部長 真下 英人

N I L I M

お申し込み・お問い合わせ

国総研ホームページよりお申し込みください <http://www.nilim.go.jp/>

お問い合わせは 国土技術政策総合研究所 企画部企画課 まで

TEL : 029-864-2214 E-mail : kouenkai2014@nilim.go.jp

プログラム

10:20~10:30 開会の挨拶 所長 岩崎 泰彦
 10:30~11:00 国総研の最近の話題 研究総務官 藤田 光一

特別セッション（防災）

11:00~11:30 すぐに役立つ土砂災害対策 土砂災害研究部長 渡 正昭
 11:30~11:50 国民・社会の要請に応えるための建築分野の取り組み 建築研究部長 五條 涉
 11:50~12:10 防災都市づくりのための展開 都市研究部長 金子 弘
 12:10~12:30 2050年に向けた建築分野における温室効果ガス排出低減の鍵 住宅研究部長 澤地 孝男
 13:30~13:50 IPCC第5次報告書を受けた高潮浸水被害予測とその含意 沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武
 13:50~14:10 東アジア地域を中心とした輸送円滑化方策に関する研究 港湾研究部長 小泉 哲也
 14:10~14:30 空港民営化における地震リスクマネジメント手法の開発とインフラ管理効率化への取り組み 空港研究部長 菅沼 史典
 14:45~15:05 激甚化する水災害へのITC戦略 河川研究部長 鳥居 謙一
 15:05~15:25 下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向 下水道研究部長 高島英二郎
 15:25~15:45 すぐに役立つ道路交通データ、交通安全対策、LCA技術 道路交通研究部長 森 望
 15:45~16:05 分野横断的研究の推進～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～ 防災・防災基盤研究センター長 高野 匡裕

特別セッション（維持管理）

16:20~17:20 『社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか』
 東京都市大学副学長
 ・総合研究所教授 三木 千壽
 17:20~17:50 すぐに役立つ道路構造物の維持管理 道路構造物研究部長 真下 英人
 17:50~18:00 閉会の挨拶 副所長 山本 浩

お申し込み

参加をご希望の方は、国土技術政策総合研究所ホームページよりお申し込みください。

<http://www.nilim.go.jp/>

【お問い合わせ】

国土技術政策総合研究所 企画部企画課

TEL : 029-864-2214

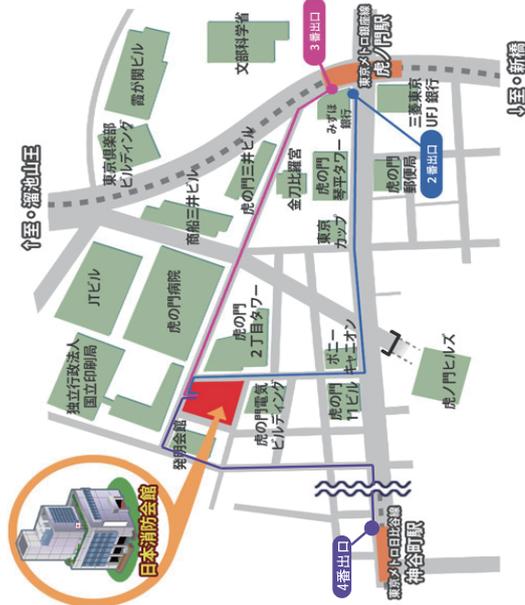
FAX : 029-864-1527

E-mail : kouenkai2014@nilim.go.jp

会場のご案内

日本消防会館 ニッショール
 (東京都港区虎ノ門2-9-16)

東京メトロ銀座線 虎ノ門駅 (2番・3番出口)
 東京メトロ日比谷線 神谷町駅 (4番出口)



平成26年度 国土交通省

国総研 講演会



平成26年 **12月3日(水)**

10:20開演(10:00開場)



日本消防会館 (ニッショール)

入場無料 定員700名 (申込先着順)

国土交通省
 国土技術政策総合研究所

特別講演

◆16:20～17:20

『社会資本ストックの維持管理にどう立ち向かうか』

三木 千壽

東京都市大学副学長・総合研究所教授
工学博士



プロフィール

・東京工業大学大学院修了後、東京工業大学助手、東京大学助教授、東京工業大学教授、東京工業大学工学部長、東京工業大学副学長を務めた後、現職。
・橋梁の設計・製作管理、維持管理等を専門とする。
・社会資本整備審議会・道路マテリアル技術小委員会委員長など府省や高速道路会社等の各種委員会の要職を歴任。
・経済産業大臣表彰、土木学会論文賞、田中賞(論文部門)ドイツErnst Gassner賞など表彰多数。

一般講演

◆10:30～11:00

国総研の最近の話題
研究総務官 藤田 光一



◆11:00～11:30 【特別セッション(防災)】
すぐに役立つ土砂災害対策

土砂災害研究部長 渡 正昭
伊豆大島や広島豪雨災害など、激甚化する土砂災害に対して、「警戒避難を考えうる上でのポイント」や「命を守るためのノウハウ」について解説するとともに、土砂災害対策の最前線における国総研の研究と活動を紹介する。



◆11:30～11:50 国民・社会の要請に応えるための
建築分野の取り組み

建築研究部長 五條 涉
東日本大震災を踏まえた天井の脱落防止基準や木材の利用促進のための大規模木造建築物の基準の策定への取り組み、災害拠点建築物の機能継続技術の開発等について説明するとともに、これまでの研究・知見の蓄積を生かした技術支援活動の実績を紹介する。



◆11:50～12:10 防災都市づくりのための

研究開発の最新動向と今後の展開

都市研究部長 金子 弘

沿岸都市の防災構造化支援を強化するため、津波避難安全性や防災拠点機能確保のための計画策定手法等のほか、液状化被害の可能性予測や対策工法の効果判定システムの開発動向と液状化ハザードマップ策定支援等の今後の展開について紹介する。



◆12:10～12:30 2050年に向けた建築分野における

温室効果ガス排出低減の鍵

住宅研究部長 澤地 孝男



わが国の温室効果ガス排出量の37%を占める建築物におけるエネルギー消費に起因する部分の削減のため、何が課題であり解決策であるのか、これまでに明らかになった事実を具体的に解説する。

◆13:30～13:50 IPCC第5次報告書を受けた

高潮浸水被害予測とその含意

沿岸海洋・防災研究部長 鈴木 武



第5次評価報告書(IPCC)に示された海面上昇や地球温暖化の予測結果をもとに、日本の高潮浸水被害がどのようになるかの傾向を予測した。その結果とそこから導かれる対応の方向性について紹介する。

◆13:50～14:10 東アジア地域を中心とした

輸送円滑化方策に関する研究

港湾研究部長 小泉 哲也



東アジア地域のより効率的な輸送ニーズに対応するためアジア地域と日本各地を結び国際フェリーに着目してその動向を解説し、係留施設の基準策定、航路網の予測ツール開発、輸送サービス水準の変化や関連施策の効果分析について紹介する。

◆14:10～14:30 空港民営化における

地震リスクマネジメント手法の開発と
インフラ管理効率化への取り組み

空港研究部長 菅沼 史典



巨大地震災害のリスクを民営化された空港の財務諸表等において定量化できき経営マネジメント技術、リニア開通やLCC参入等による需要変動を考慮できる需要予測モデルの開発のほか、舗装維持管理効率化技術等の現場技術の最新の取り組みについて触れる。

◆14:45～15:05 激甚化する水災害へのITC戦略

河川研究部長 鳥居 謙一



記録的な大雨や局地的、集中的な豪雨(ゲリラ豪雨)など、異常気象が常態化するとともに、災害が激甚化し、「新たなステージ」に入っている。これらに対処するための水防災分野のITC技術の現状と展望について、監視、予測、コミュニケーションの観点から論じる。

◆15:05～15:25 下水道における

資源・エネルギー回収等の最新動向

下水道研究部長 高島 英二郎



下水道革新的技術実証事業のうち今年ガイドラインが発行されたプロジェクト(下水汚泥固形燃料化、下水熱利用、下水汚泥からのリン除去回収、下水汚泥ろ液からの窒素除去)の成果を基に、下水道における資源・エネルギー回収等の最新動向を紹介する。

◆15:25～15:45 すぐに役立つ道路交通データ、

交通安全対策、LCA技術

道路交通研究部長 森 望



道路を賢く使うためのETC2.0によるプローブ情報の概要・活用方法、道路利用の時間信頼度の評価手法、通学路の速度抑制による交通安全対策手法、地球環境問題対応のための社会資本のLCA算定手法等、最新の成果を紹介する。

◆15:45～16:05 分野横断的研究の推進

～災害対応の迅速化・事業執行の効率化～
防災・メンテナンステクス基礎研究センター長
高野 匡裕



災害発生時の迅速な初動対応に資する災害対応技術に関する研究、事業執行の効率化のために入札契約方式・品質確保方策のあり方等品確法改正を踏まえた種設マネジメント技術に関する研究等、道路・河川等各分野に共通する課題研究について紹介する。

◆17:20～17:50 【特別セッション(維持管理)】

すぐに役立つ道路構造物の維持管理

道路構造物研究部長 真下 英人



橋やトンネル等の道路構造物の老朽化対策のため、点検・診断・措置・記録というメンテナンスサイクルに必要となる技術等の研究開発、技術相談等の中から、維持管理に携わる技術者にとって現場で役立つ情報を紹介する。

国土技術政策総合研究所資料
TECHNICAL NOTE of N I L I M
No. 826 March 2015

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは
〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地
企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675