

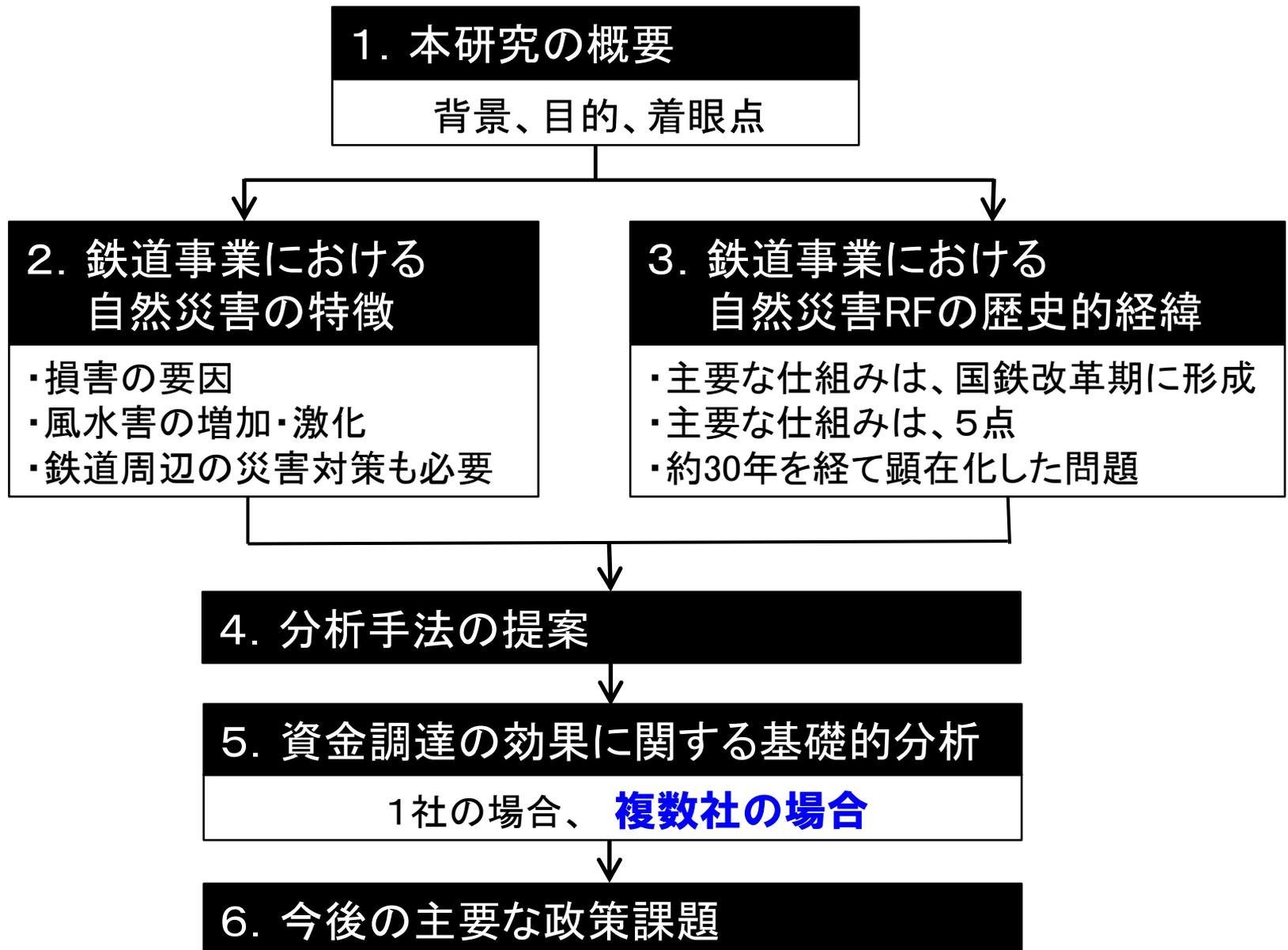
# 鉄道事業における 自然災害リスク・ファイナンス(RF)に関する研究

## 歴史的経緯と基礎的分析

2016年5月27日 研究報告会



大堀 勝正

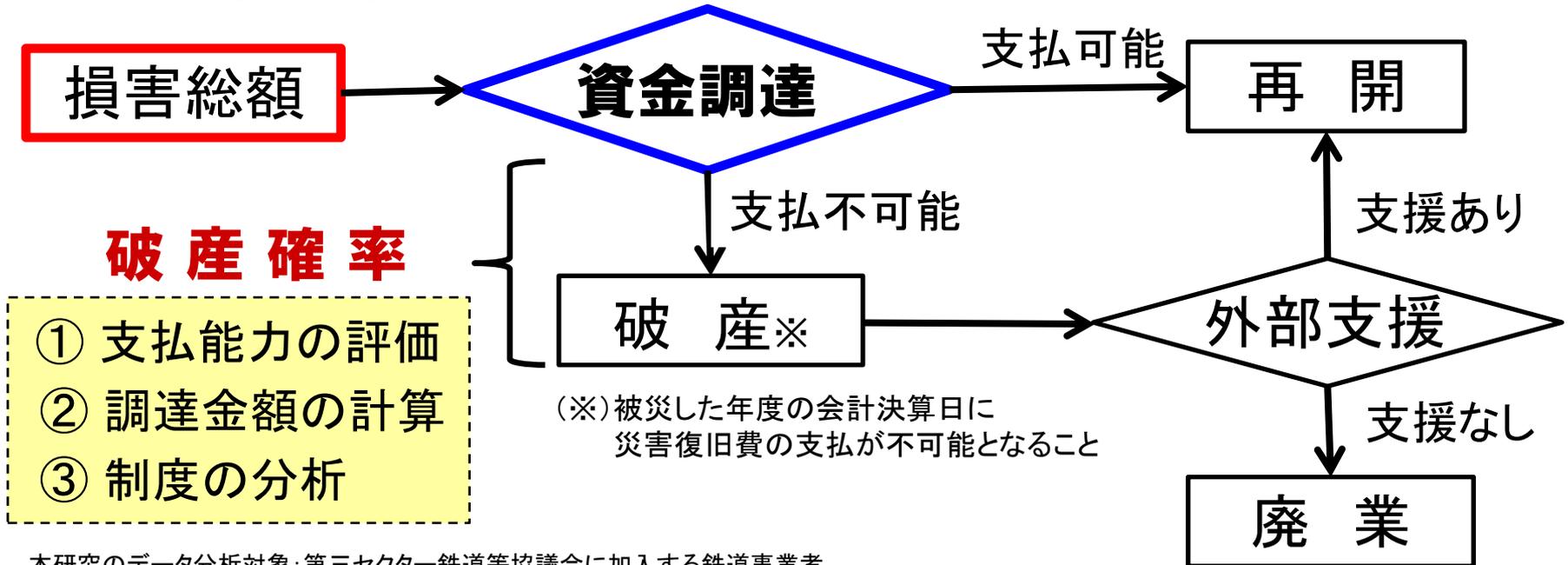


# 1. 本研究の概要

自然災害 → 鉄道事業者の土木構造物等 → **損害** → **資金調達**

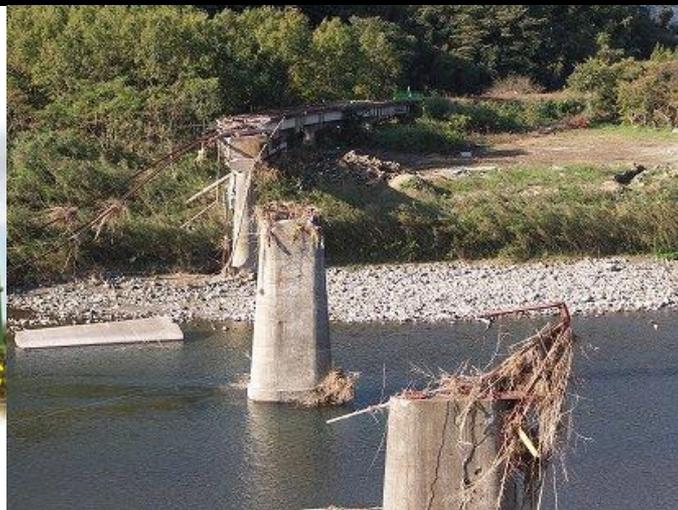


JR只見線 2011年7月豪雨災害の前後 (出典:金山町、JR東日本)





(出典)旧高千穂鉄道株式会社HP



(写真)高千穂あまてらす鉄道株式会社HP



(写真)黒木睦郎:高千穂鉄道、砂防と治水172号J2006年8月

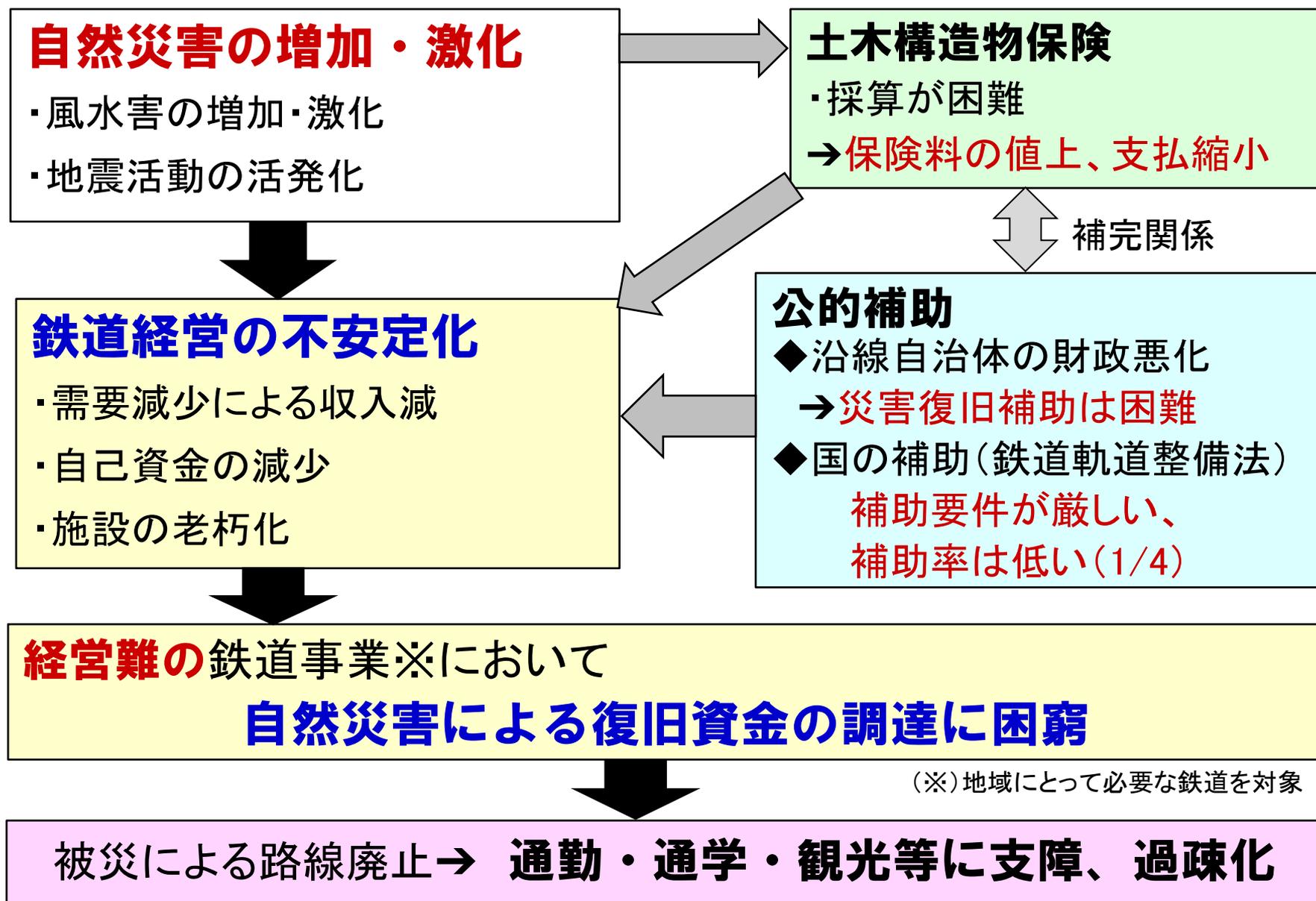
台風14号(2005年9月)による被害を契機に、鉄道事業を廃止

災害復旧事業費 26.4億円

国 6.6億円	関係地方公共団体 6.6億円	土木構造物保険 支払限度 4億円	鉄道事業者 9.2億円
------------	-------------------	------------------------	----------------

**この負担に耐えられず廃止**

【参考】営業収入:1.83億円、経常損益:▲0.67億円(2004年度実績)



**経営難の**鉄道事業において、  
自然災害(特に**風水害**)に対する  
**復旧資金の調達を安定的に行うための方法論**  
を提言すること

【参考】

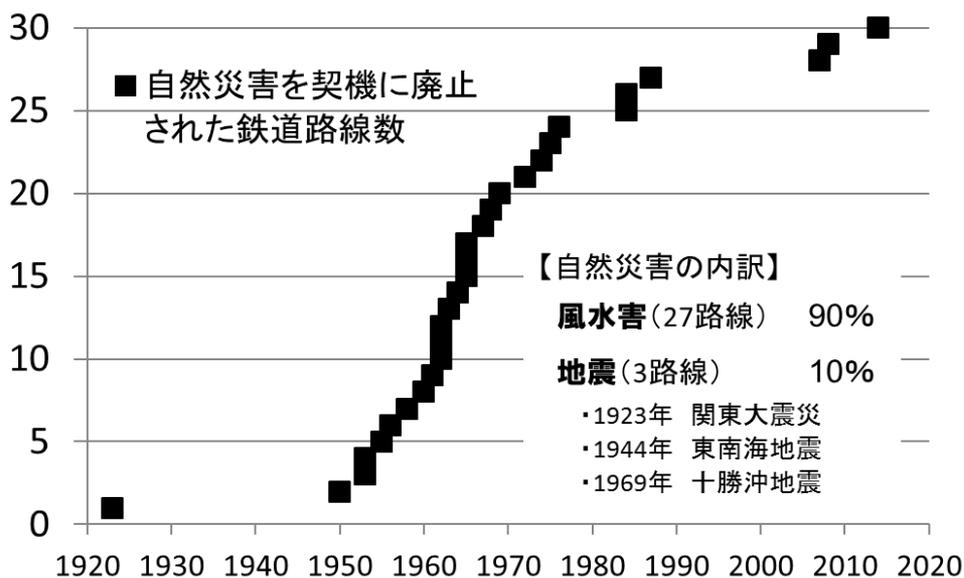
■ **鉄道軌道整備法** (鉄道における災害復旧補助の根拠法)

(目的)

第一条 この法律は、鉄道事業に対する特別の助成措置を講じて鉄道の整備を図ることにより、  
産業の発達及び民生の安定に寄与すること  
を目的とする。

**風水害：地震・津波 = 9：1** (件数実績)

**巨大な地震・津波は、数十年間隔で発生**



自然災害を契機に廃止された鉄道路線数  
(全国の鉄道を対象、～2016)

自然災害の分類			第三セクター鉄道の被災実績※
気象災害	雨	河川洪水, 内水氾濫	件数の実績 92%
		斜面崩壊, 土石流, (地すべり)	
	風	強風, たつ巻, 高潮, 波浪, (海岸侵食)	
	雪	なだれ, 降積雪, 降雹, 霜	
	雷	落雷, (森林火災)	
気候	干ばつ, 冷夏		
地震・火山災害	地震	地盤震動	件数の実績 8%
		液状化	
		斜面崩壊, 岩屑なだれ	
		津波	
	地震火災		
	噴火	降灰, 噴石, 火山ガス	
		溶岩流, 火砕流, 泥流	
山体崩壊, 岩屑なだれ			
		津波, 地震	

※ 1991-2012年(22年間)を対象

<地震・津波の内訳>  
2003年 宮城県沖地震  
2011年 東日本大震災

(出典)防災科学技術研究所の分類を基に作成

自然災害による鉄道被災件数実績  
(第三セクター鉄道、1991-2012)

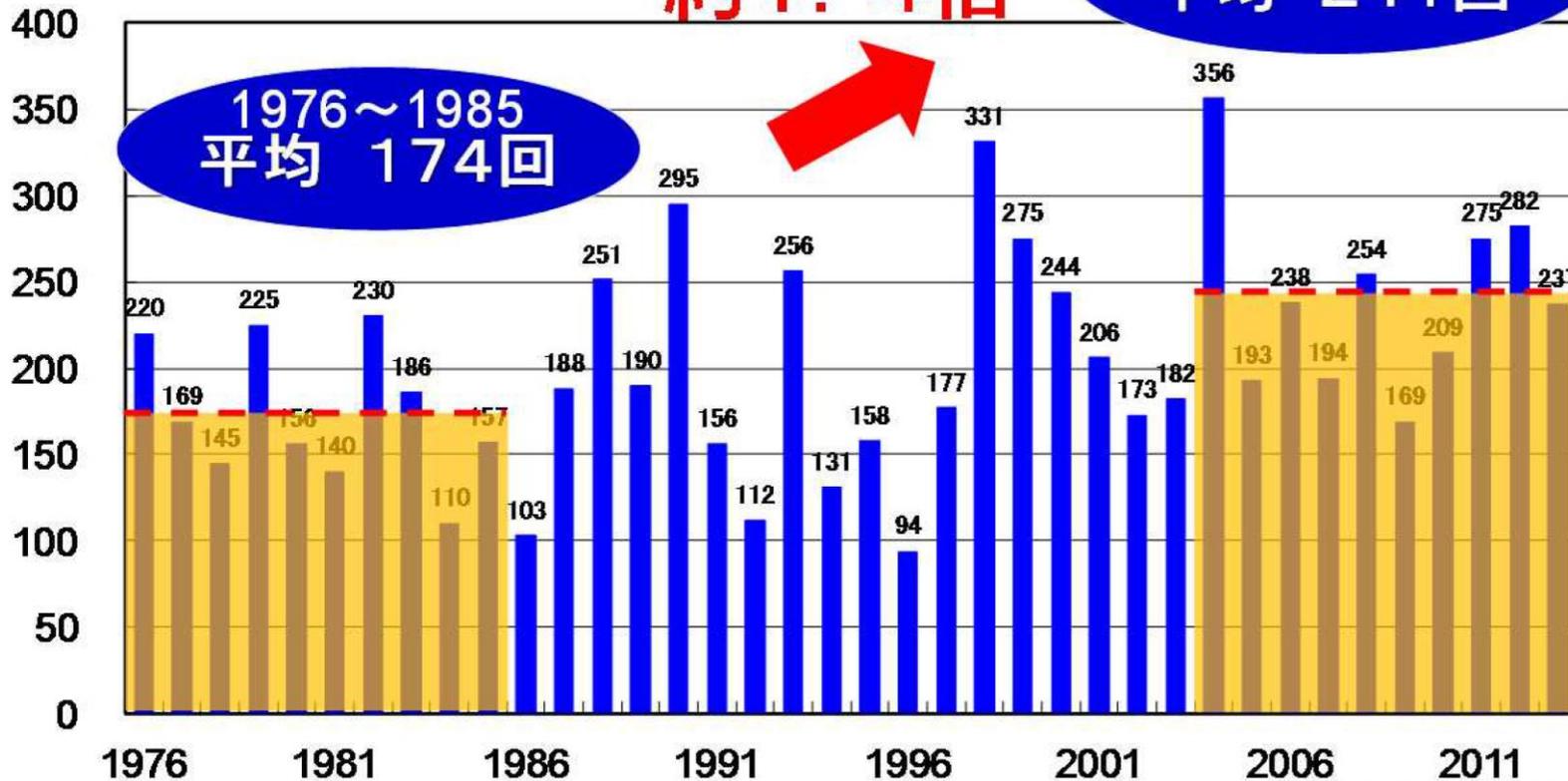
## 時間雨量50mmの大雨の発生件数が増加

(回/年)

約1.4倍

2004~2013  
平均 241回

1976~1985  
平均 174回



\* 気象庁資料より作成

1時間降水量50mm以上の年間発生回数(アメダス1,000地点あたり)

日本における短時間強雨(時間雨量50mm)の発生件数実績

太田・杉山(鉄道総研)の調査結果

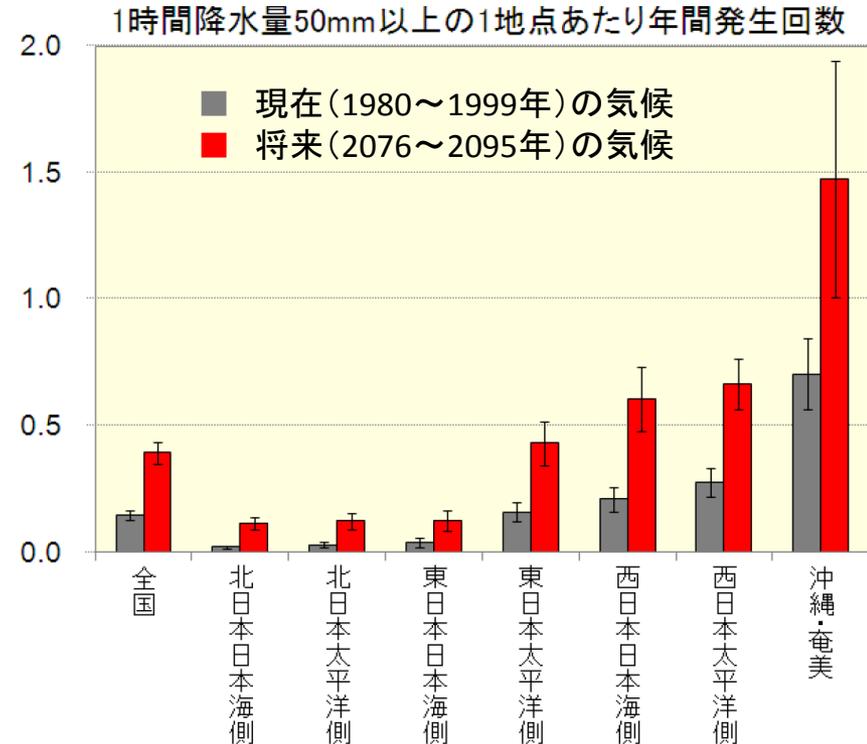
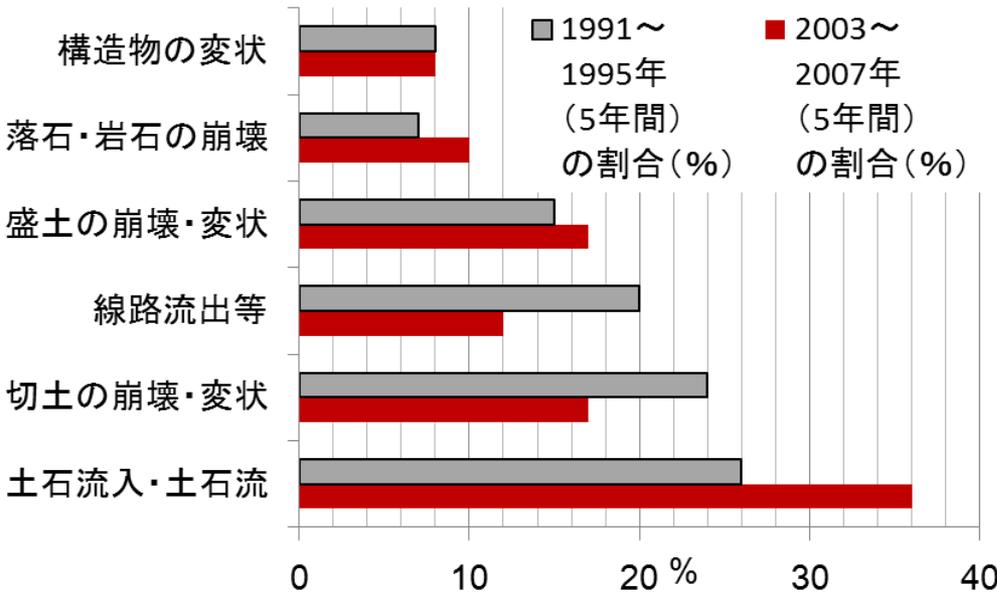
## ◆土石流入・土石流など

鉄道事業者の管轄外に起因する災害の割合が増加

【主な要因】 短期間雨量の増加、  
台風上陸回数が増加

気象庁(2013)

## 大雨や短時間強雨の発生頻度は今後、全国的に増加



鉄道(JR)の自然災害種別の変化

2009年10月8日  
台風18号による被災

被災内容	箇所数
橋台背面流出	1
護岸洗掘	1
<b>土砂流入</b>	<b>16</b>
<b>盛土流出</b>	<b>4</b>
道床流出	2
その他	14
合計	38

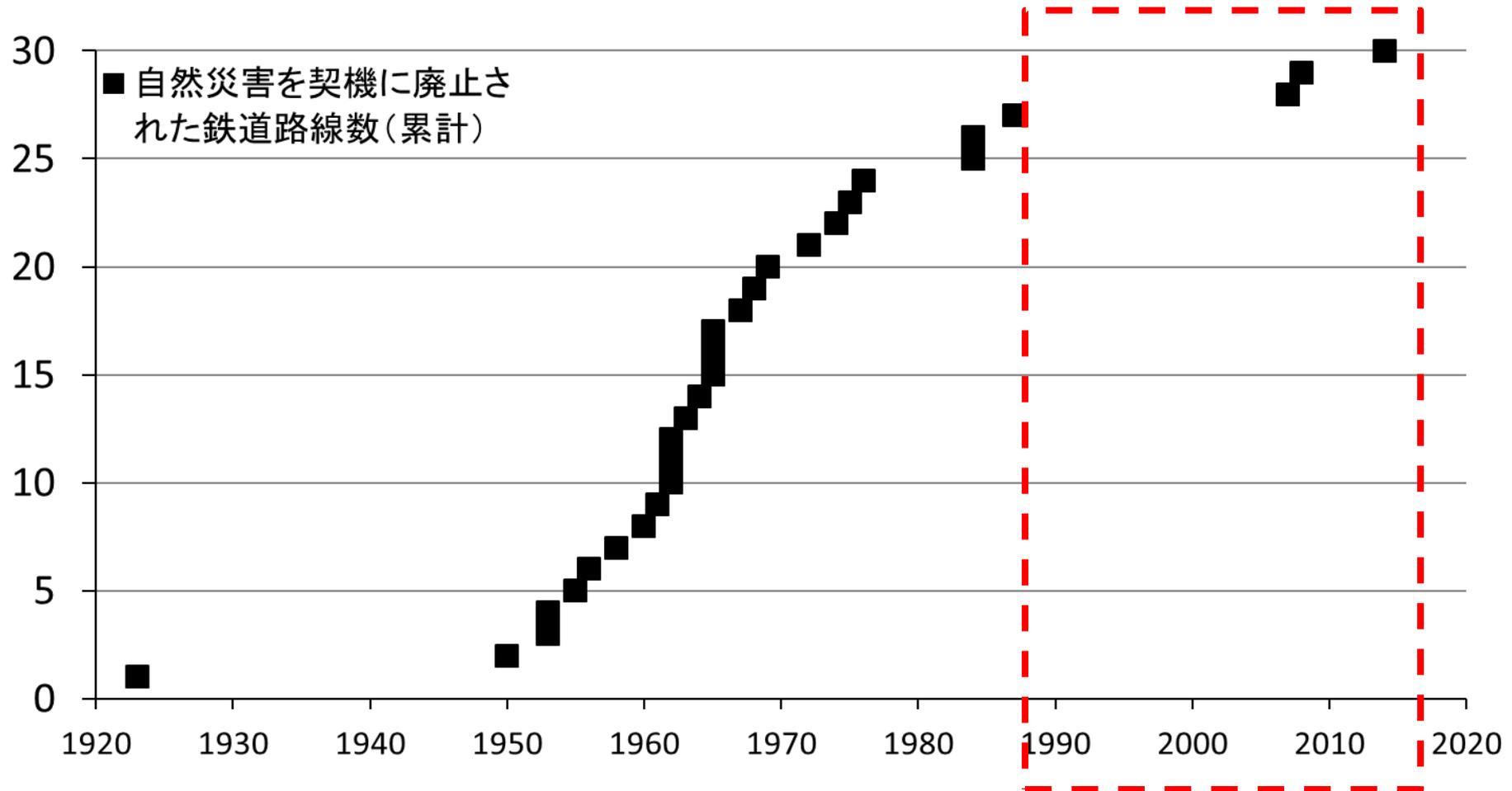


その後、バス代行  
1日下り5本・上り6本の運行

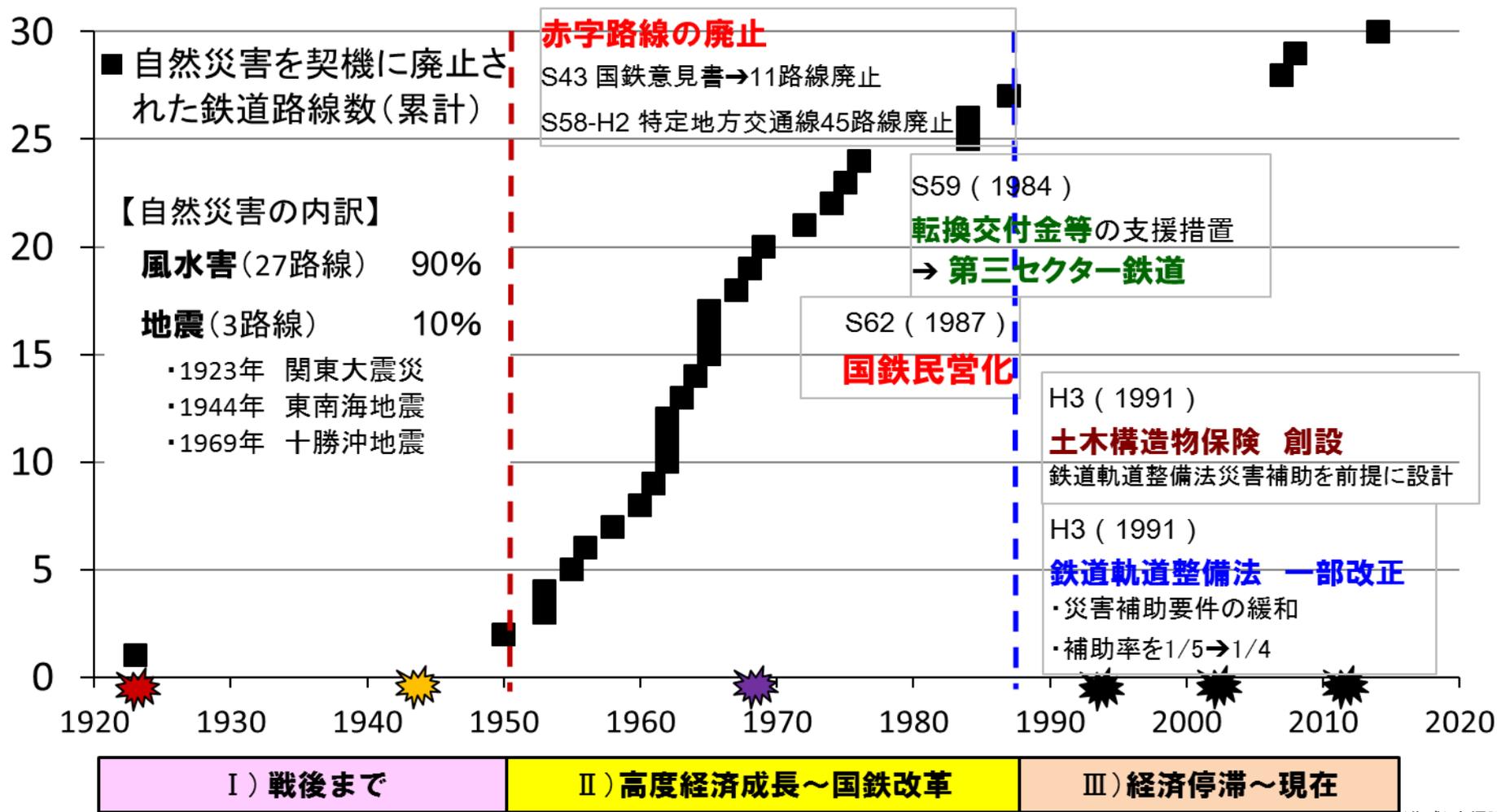


- ① **巨大地震**は、被害件数の約1割を占め、数十年間隔で発生。  
その復旧費は、1件あたり数十億～数百億円と甚大である。  
→ **経営難の鉄道事業者には、対応困難**
  
- ② **風水害**は、被害件数の約9割を占め、増加・激化の傾向にある。  
その復旧費は、1件あたり数百万～数十億円である。  
→ **経営難の鉄道事業者には、対応困難になりつつある**
  
- ③ **風水害の増加・激化**により、鉄道周辺の治山・治水等も必要  
→ **防災事業（自治体、国）との連携強化が必要**

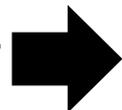
自然災害による路線廃止は、1990年頃からなぜ急に減少したのか？



- ① **赤字路線廃止と国鉄改革**、
- ② **転換交付金等に基づく税経営安定基金**
- ③ **鉄道軌道整備法の一部改正**    ④ **土木構造物保険の創設**
- ⑤ **地元住民と沿線自治体の熱意と支援**



自然災害による路線廃止に寄与した主な要因



**主要な仕組みは、国鉄改革期に形成された**



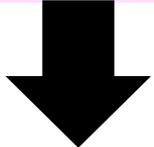
**既存の仕組みが、過去約30年の廃止減少に貢献**



現状

**■ 経営環境の変化**  
 風水害の激化、需要の減少、資金力の低下、等

**■ 現存の仕組みの機能低下および限界**  
 (例) 基金の枯渇、土木構造物保険は採算難、  
 鉄道軌道整備法の問題(補助要件、補助率)



**自然災害RFの問題・ニーズ**

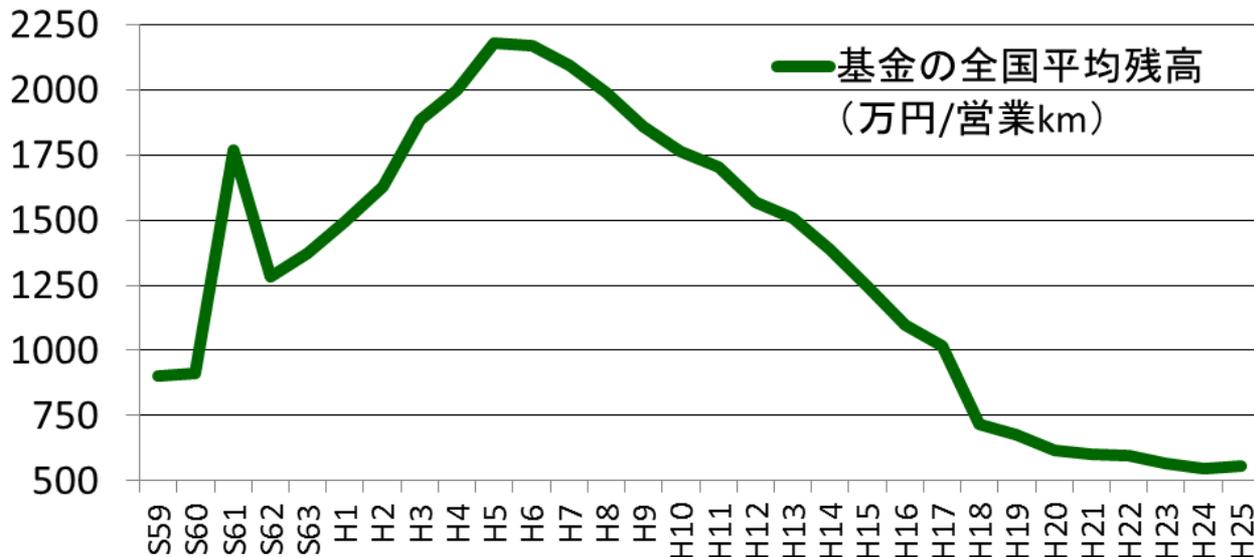
分類	主な要因
1	赤字路線廃止と国鉄改革
2 制 度 改 革	転換交付金を主要原資とする 税経営安定基金
	鉄道軌道整備法一部改正
4 民 業	土木構造物保険の創設
5 地 域	地元住民と沿線自治体の熱意と支援



## ■基金の全国平均残高

- ・1993年から急激に減少
- ・2013年時点で  
**全国平均  
約500万円/営業km**

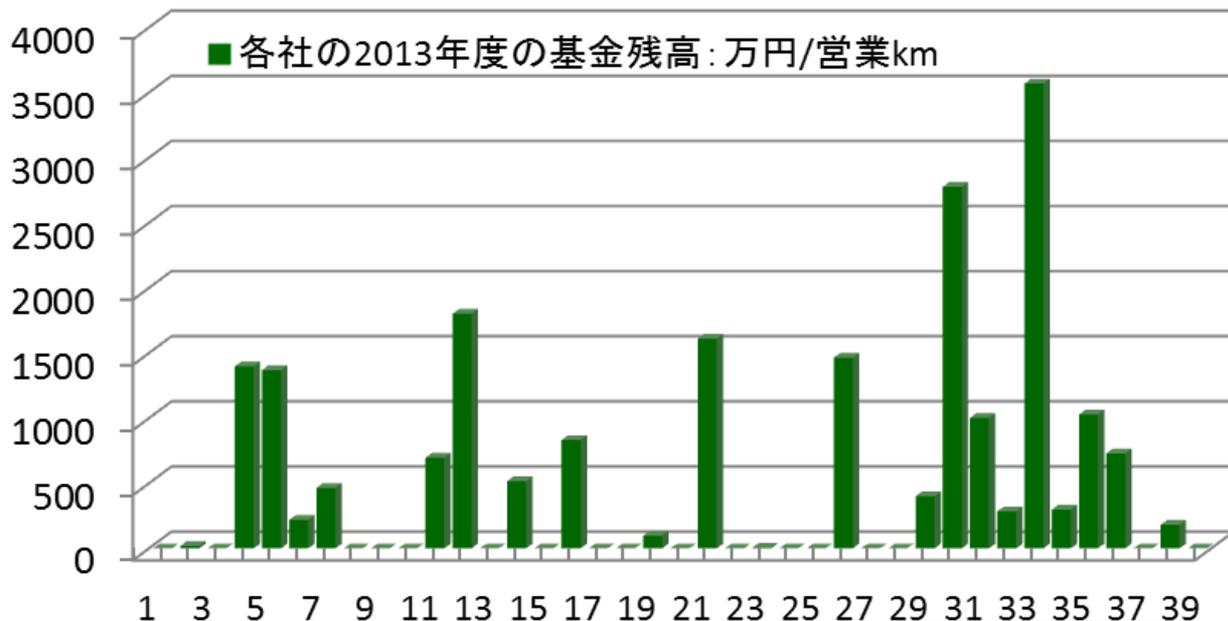
【参考】転換交付金の上限額  
3000万円/営業km



## ■各社の基金残高

運行中(35社)のうち

- ・約1/3(13社)で0円、
- ・約1/2(17社)で  
**100万円未満/営業km  
(手元資金はほとんど無い)**



(出典) 第三セクター鉄道等協議会 20年史、2005.及び  
第三セクター鉄道等協議会の提供データを基に筆者作成

(C)Dr. Katumasa OHORI, Institute for Transport Policy Studies, 2016

## ■ 補助要件（抜粋）

### (1) 経営状況

- ・被害線区の1日の乗降客数が 8,000人以下
- ・自己資金のみで復旧が困難

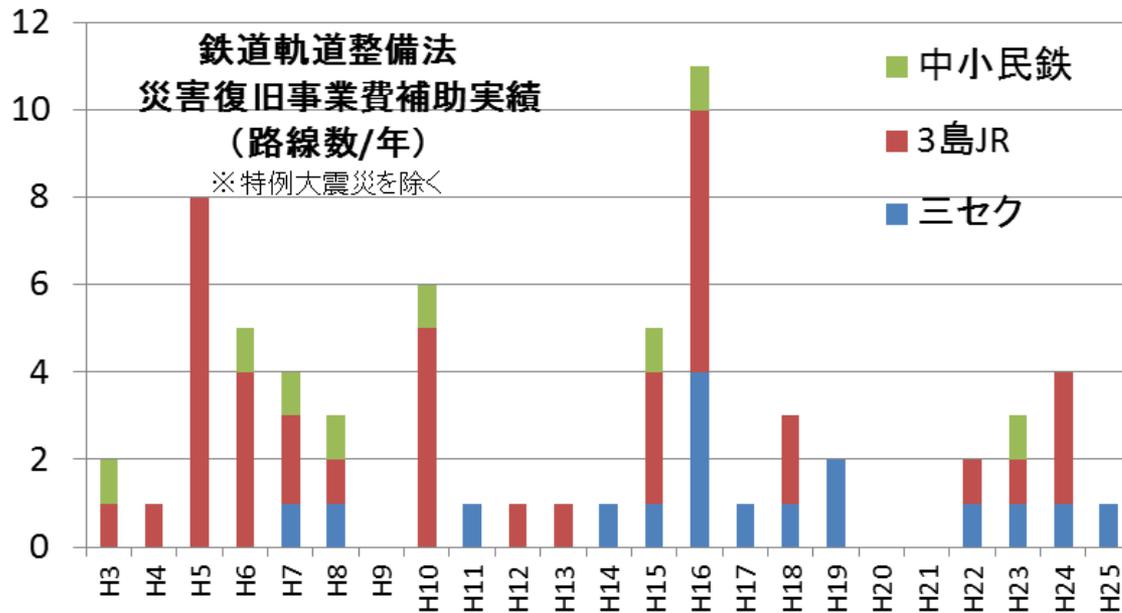
### (2) 被災状況

- ・災害復旧事業費  $\geq$  被災路線の年間運輸収入の1割
- ・被災により**5年超、全事業の経常損失もしくは営業損失が確実**
- ・補助を受けない場合、経営の安定に支障を生ずる
- ・被災路線から得られる差益で、災害復旧事業費を回収することが困難

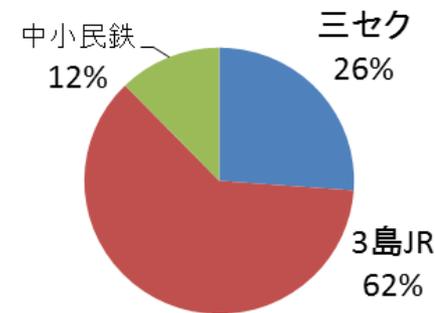
## ■ 補助率

	災害復旧事業費		
第三セクター 鉄道	国 1/4	関係地方公共団体 1/4	鉄道事業者 1/2
3島JR・ 中小民鉄	国 1/4	鉄道事業者 3/4	
本州JR・ 大手民鉄	鉄道事業者		

※多くの場合、鉄道軌道整備法の補助要件を満たさないため

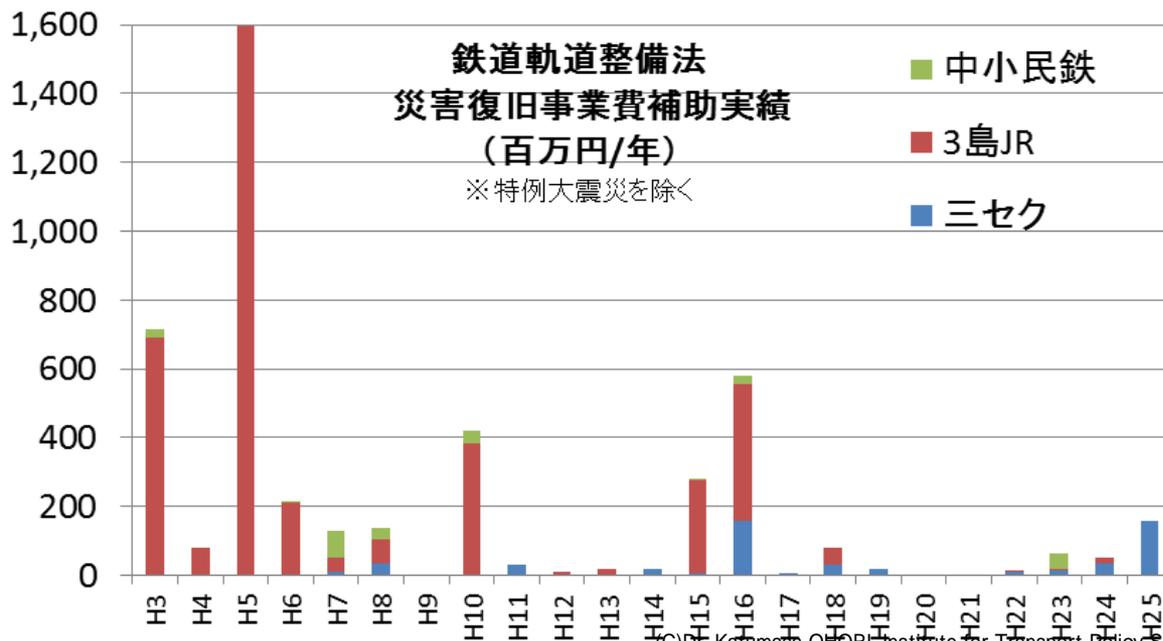


鉄道軌道整備法災害復旧事業費補助実績  
路線数の合計(H3~H25) ※特例大震災を除く

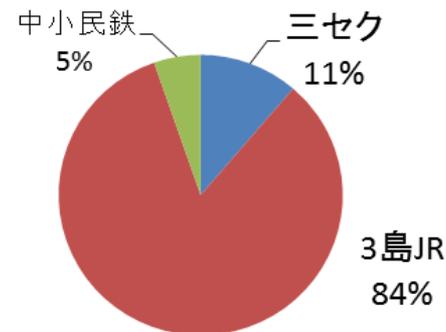


路線数/年の合計(H3~H25)		
三セク	3島JR	中小民鉄
17	40	8
65		

※特例大震災も含めた合計=86



鉄道軌道整備法災害復旧事業費補助実績  
金額の合計(H3~H25) ※特例大震災を除く



補助金の合計額(H3~H25)  
約46億円

※特例大震災: 阪神淡路大震災と東日本大震災を指す。

(出典)国土交通省鉄道局の提供データを基に筆者作成

1. 内容: **台風・洪水などの風水害**により、鉄道、港湾、道路等の土木構造物に損害が発生した場合の、復旧費用に対する支払い
2. 対象物(鉄道の例)
  - 橋梁、トンネル、軌道、のり面等の土木構造物及び信号施設
  - 踏切施設、プラットホームなどの施設(火災保険の対象である駅舎、変電施設、車両は含まず)
3. 期間: **1年** (最大3年の長期契約あり)
4. 支払い対象費用
  - 本復旧費用
  - 営業継続費用
  - 障害物除去費用
  - 残存物取り片付け費用
  - 損害拡大防止費用
5. その他
  - 地震・津波は、適用外

(出典)

国土交通省鉄道局資料

第三セクター鉄道等協議会(2005)「20年史」

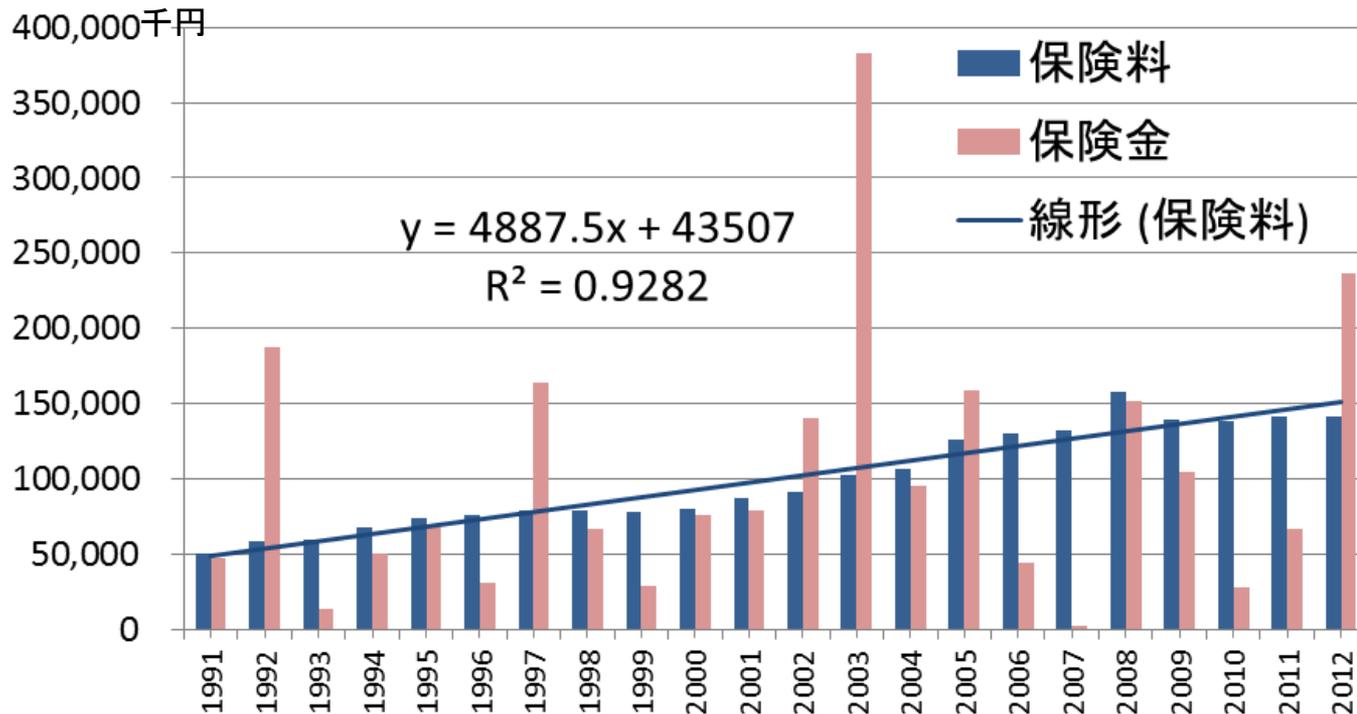
2015.5 ヒアリング調査結果

◆ 保険会社にとっての問題: **保険料**収入 < 支払**保険金** (通年で**赤字**)

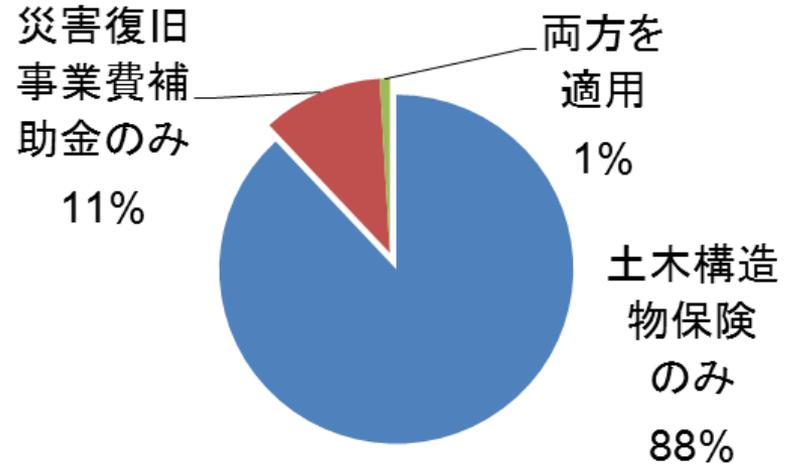
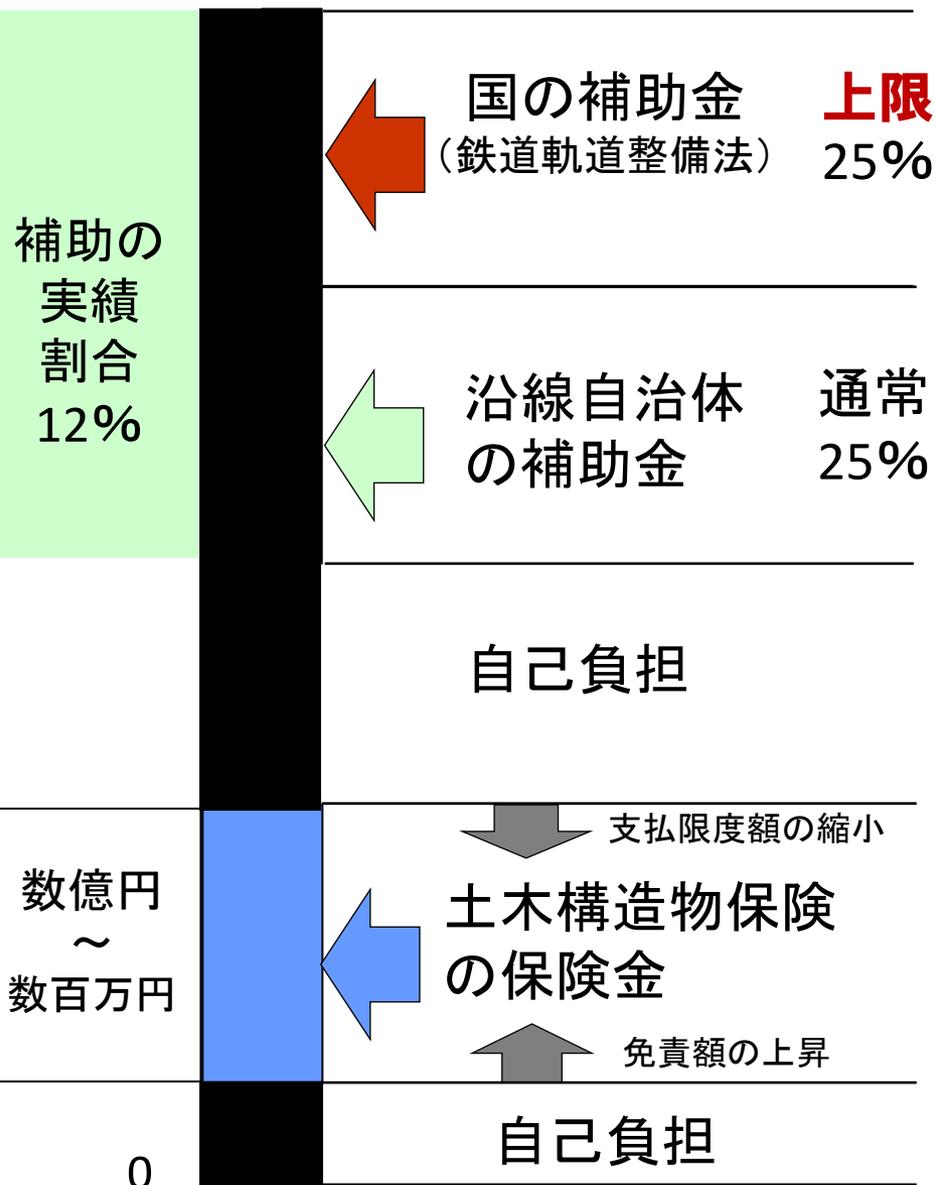
◆ 鉄道事業者にとっての問題:

- ① 地震・津波は対象外
- ② 保険料の値上がり(下図、30年で約3倍に値上がり)
- ③ 不利な支払条件への変更(免責額の引き上げ、支払限度額の縮小等)

→ **保険会社と鉄道事業者の双方にとって保険制度が機能しづらい**



損害額/件



第三セクター鉄道の風水害に対する保険金と公的補助の比率(H3-H24年度実績)

- ◆ **保険：補助 = 9：1**  
(両方の適用は1%のみ)
- ◆ 保険金の支払縮小
- ◆ 沿線自治体の補助金は財政悪化により厳しくなっている
- ◆ 鉄道事業者の自己負担は増加

① 鉄道事業における自然災害RFの主要な仕組みは、  
**国鉄改革期に形成された。**

② 自然災害を契機とした廃業が激減した主な要因は、  
上記の5点と考えられる。

③ 国鉄改革から約30年経過し、次のような**問題が顕在化**

◆三セク鉄道の**基金：枯渇しつつある**

中小民鉄の**内部留保：ほとんどない**

◆**土木構造物保険：保険金の縮小、保険料の値上げ**

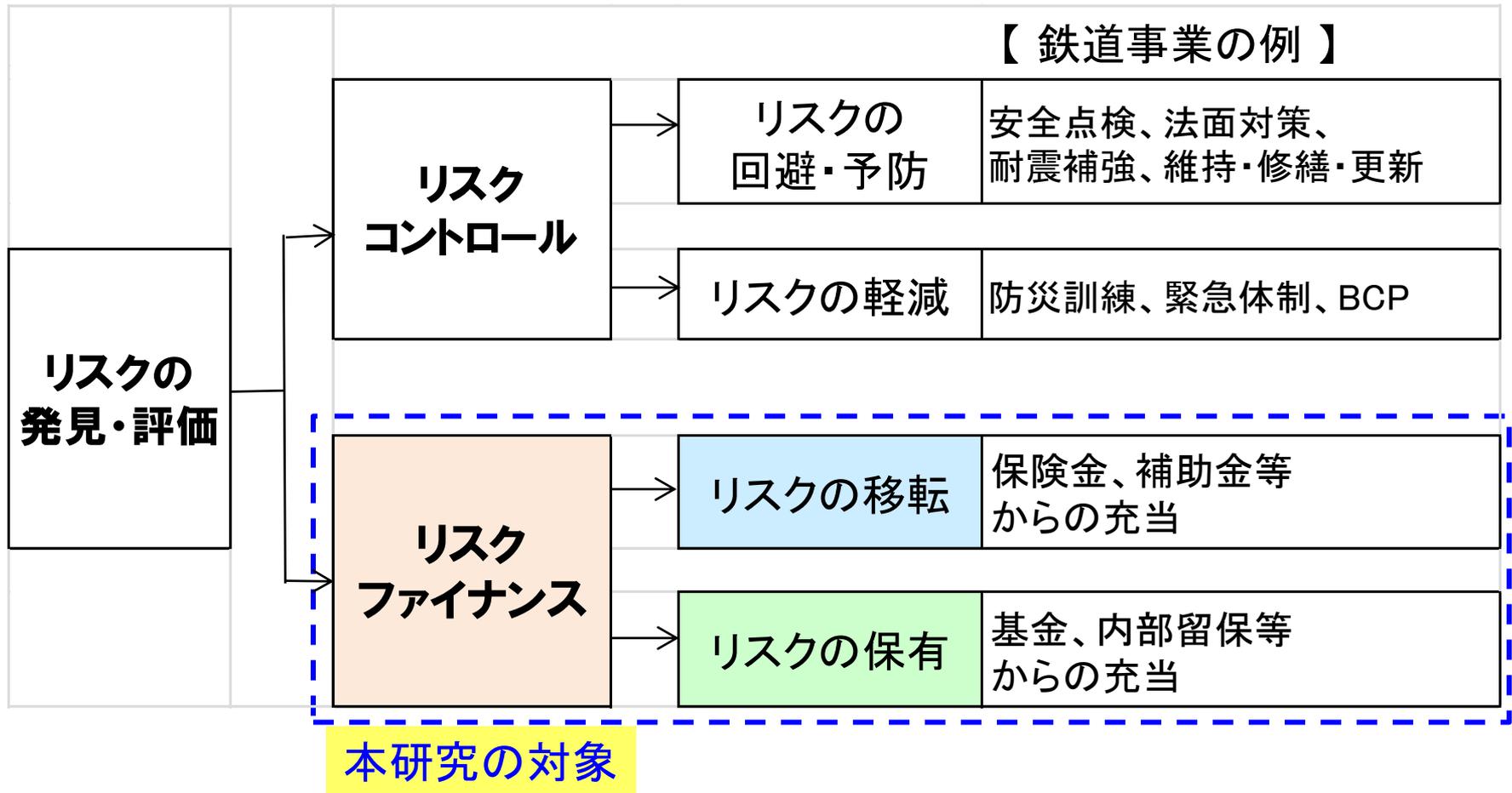
◆**公的補助：補助要件が厳しく、補助率は低い**

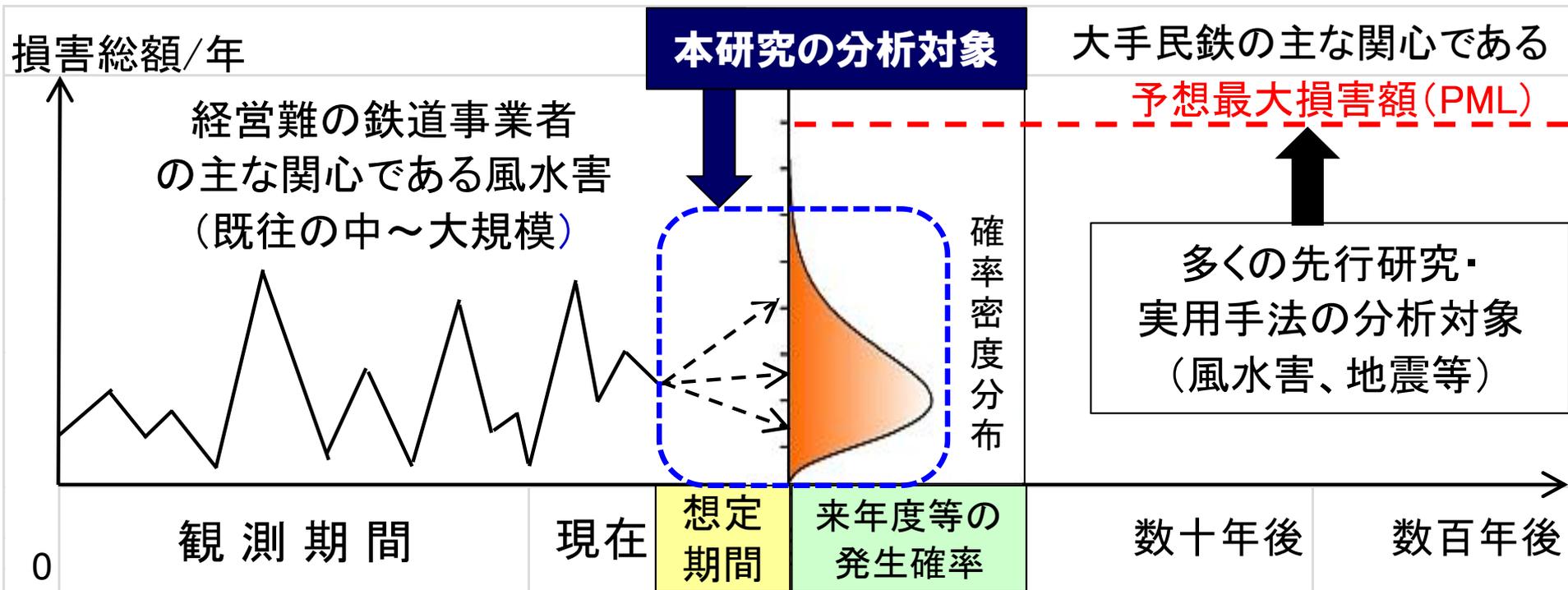
→ **鉄道事業者の資金調達は困難になりつつある**

## 4. 分析手法の提案

### 本研究の対象

- ・経営難の鉄道事業者
- ・風水害





本研究	比較項目	多くの先行研究・実用手法
経営難の鉄道事業者(三セク、中小等)	利用者	行政機関、本州JR・大手民鉄などの大企業等
各社の既往災害規模	想定災害	既往最大・想定最大
1年程度	想定期間	数十年～数百年
数理統計的分析	分析手法	工学的分析
災害特性と財務状況の考慮、柔軟性	メリット	構造力学等の理論的根拠、安全性
データが少ない場合には推定精度が悪い	デメリット	大量データ(構造物等)が必要、費用が高い

## 鉄道事業者の特性

### →【分析の前提条件】

- ① 災害特性の考慮
- ② 財務状況の考慮

災害特性

損害総額  
の推定

財務状況

支払限度  
の把握

## 資金調達手法 の選択例

- ① 公的補助金
- ② 土木構造物保険
- ③ 基金  
(三セク: 税経営安定基金)

## 鉄道事業者の関心事

### →【分析すべきこと】

- ① **支払可能か？**
- ② **資金はいくら必要か？**
- ③ **組合せをどうするか？**

組合せ

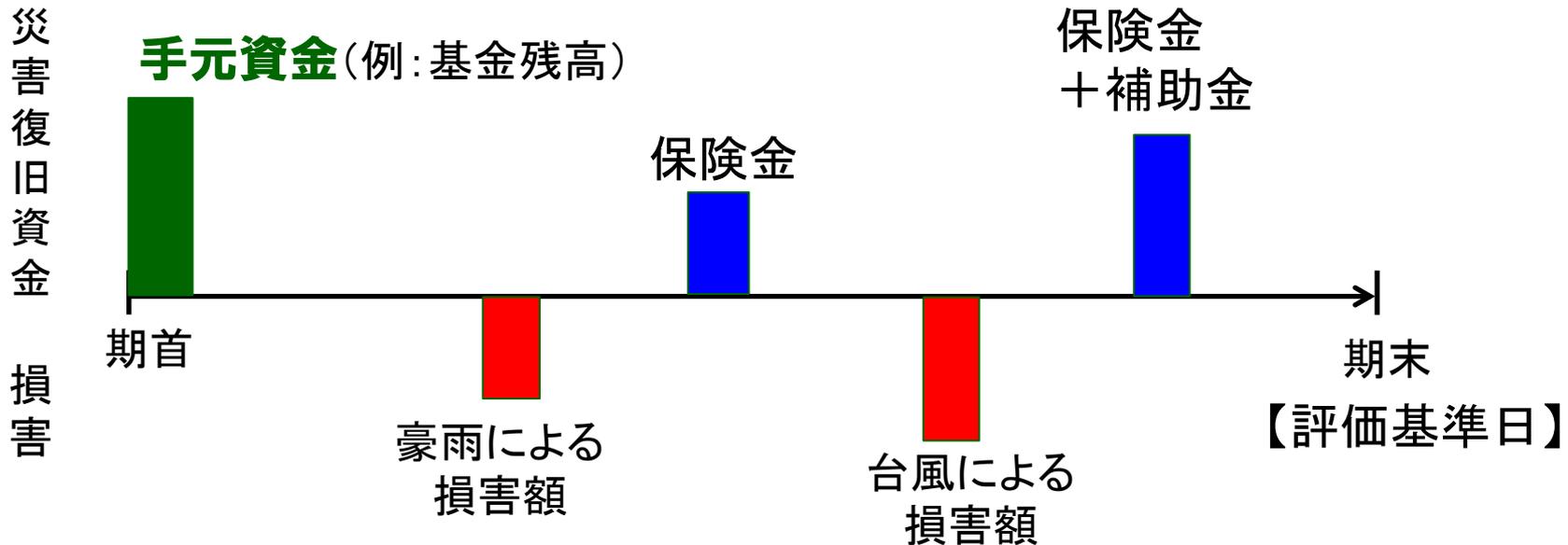
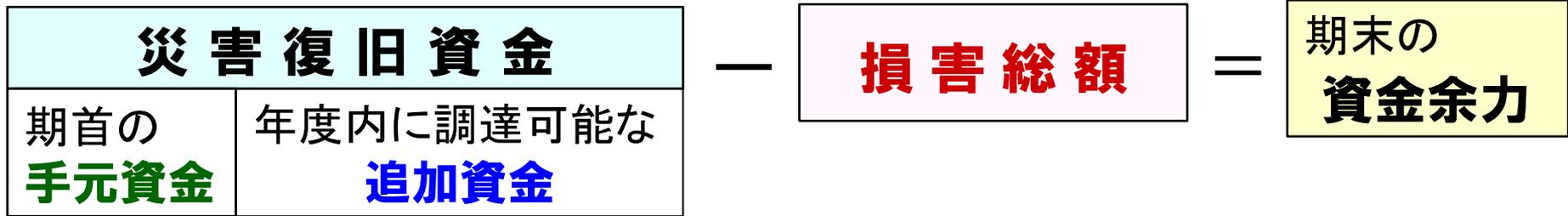
災害  
復旧費

**客観的・科学的・定量的に  
分析する手段が必要！**

↑  
自社の財務への影響

↑  
外部(行政、親会社等)からの支援

## ■年度単位の収支モデル



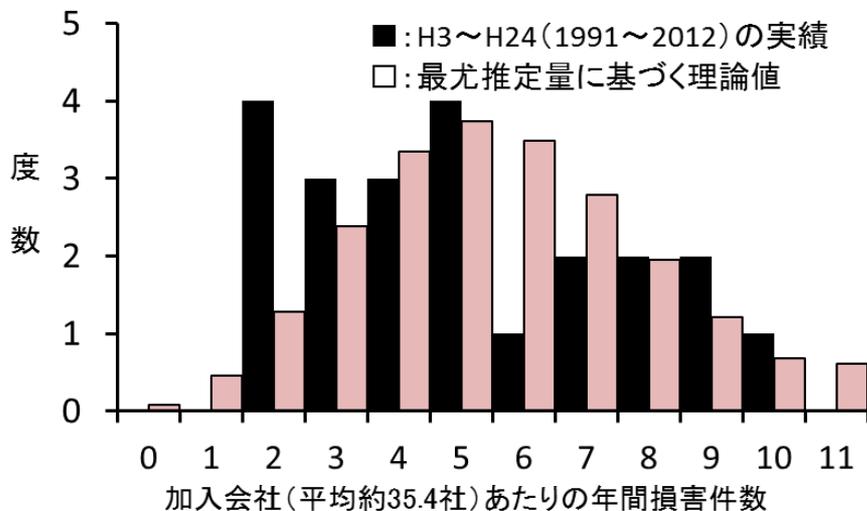
## ■破産確率とは、**期末に災害復旧資金が不足する確率**

$$P(\text{災害復旧資金} - \text{損害総額} < 0) = P(\text{期末の資金余力} < 0)$$

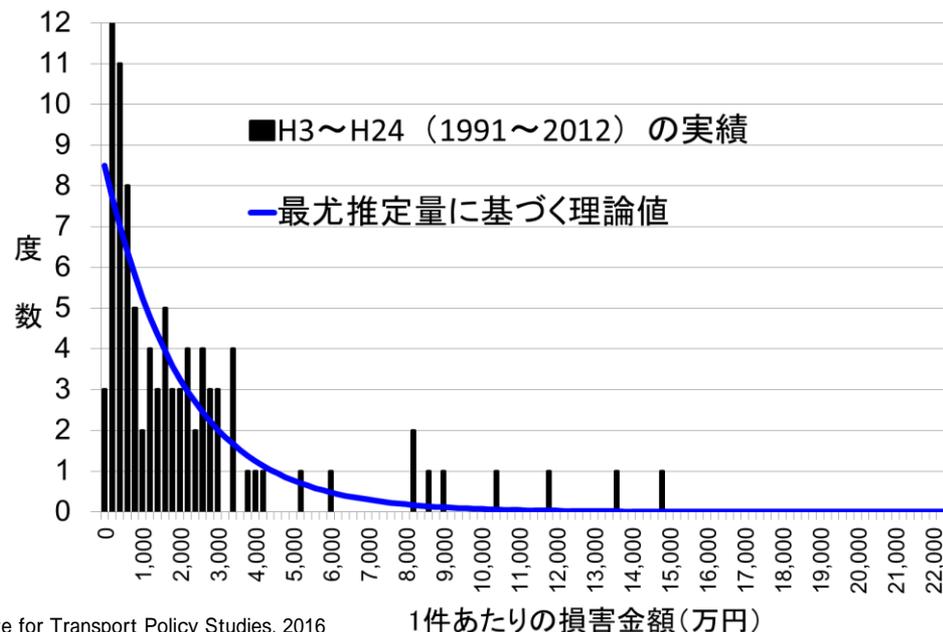


$$S = X_1 + X_2 + \dots + X_N$$

## ◆ N ~ ポアソン分布



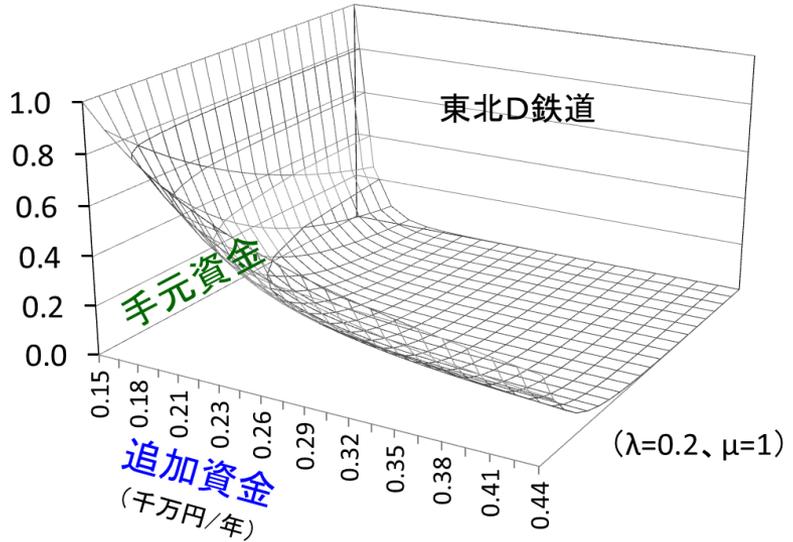
## ◆ X ~ 指数分布



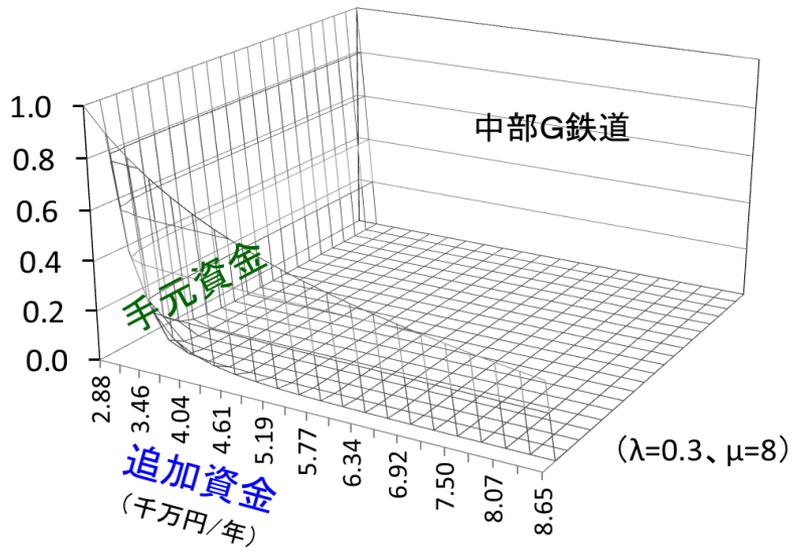
破産確率: 支払能力の数理的表現

→ 各社特有のさまざまな形

破産確率



破産確率



破産確率

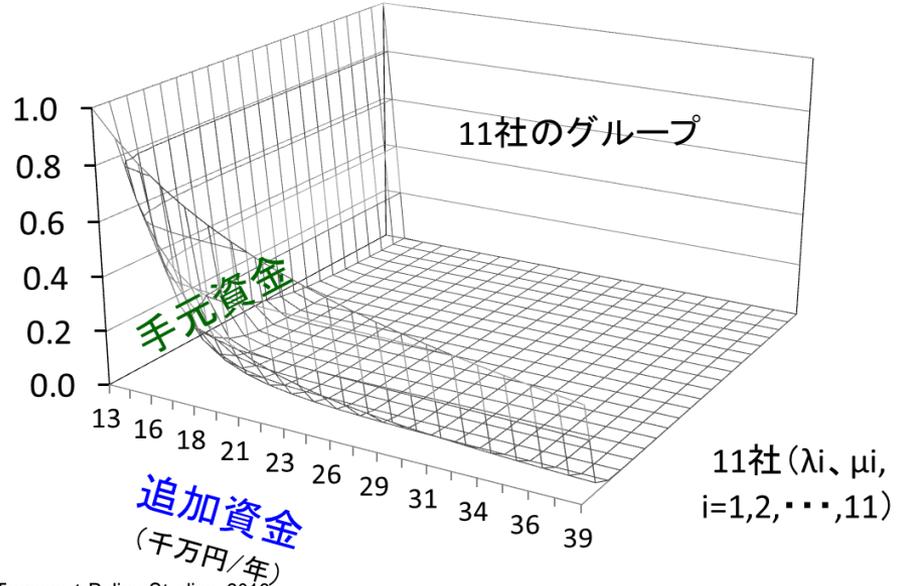


- ◆災害特性  
 $\lambda$ : 災害件数/年のパラメータ  
 $\mu$ : 損害金額/件のパラメータ
- ◆財務状況  
**手元資金 + 追加資金**

【利点】  
 手元資金や追加資金を変動させることで  
 支払能力の変化を数理的に分析可能

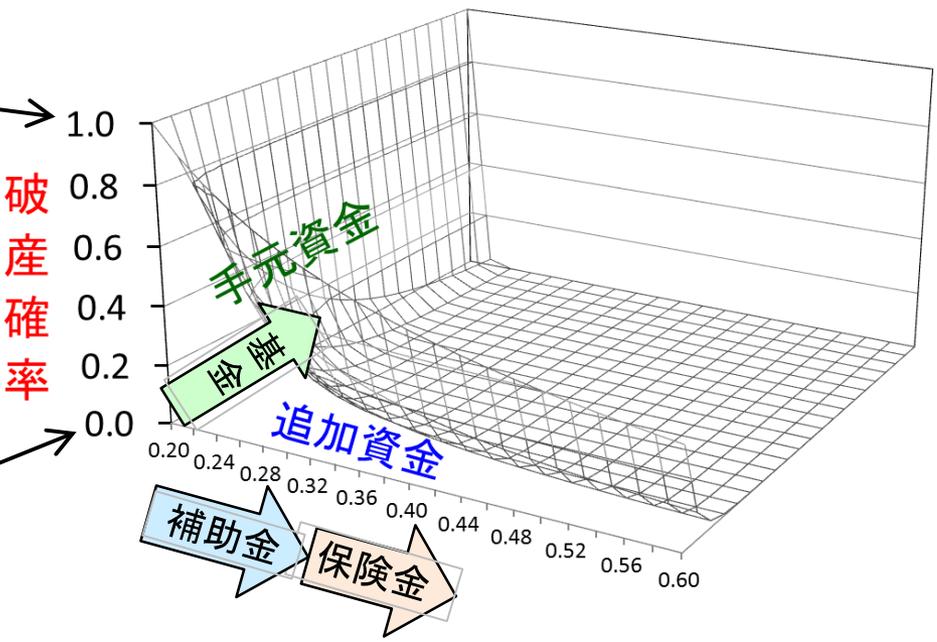
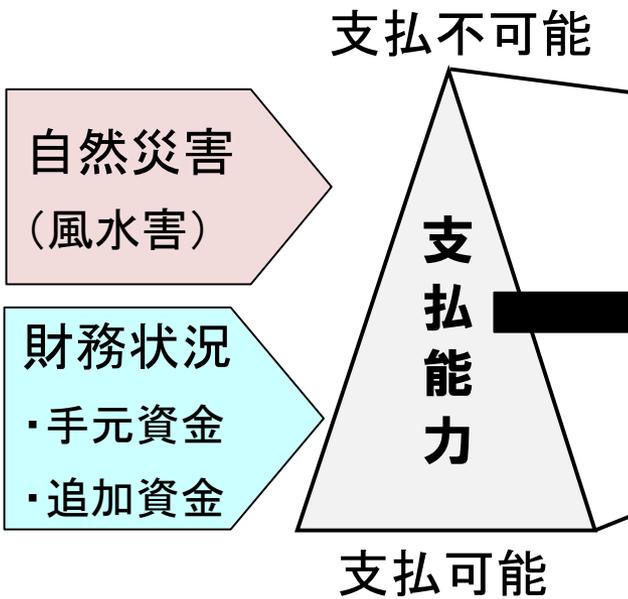
複数社がグループ化した場合の破産確率  
 (各社の災害特性と財務状況を反映)

破産確率



現 状 (経営難の鉄道事業者) **破産確率を用いた分析**

資金調達の基本概念

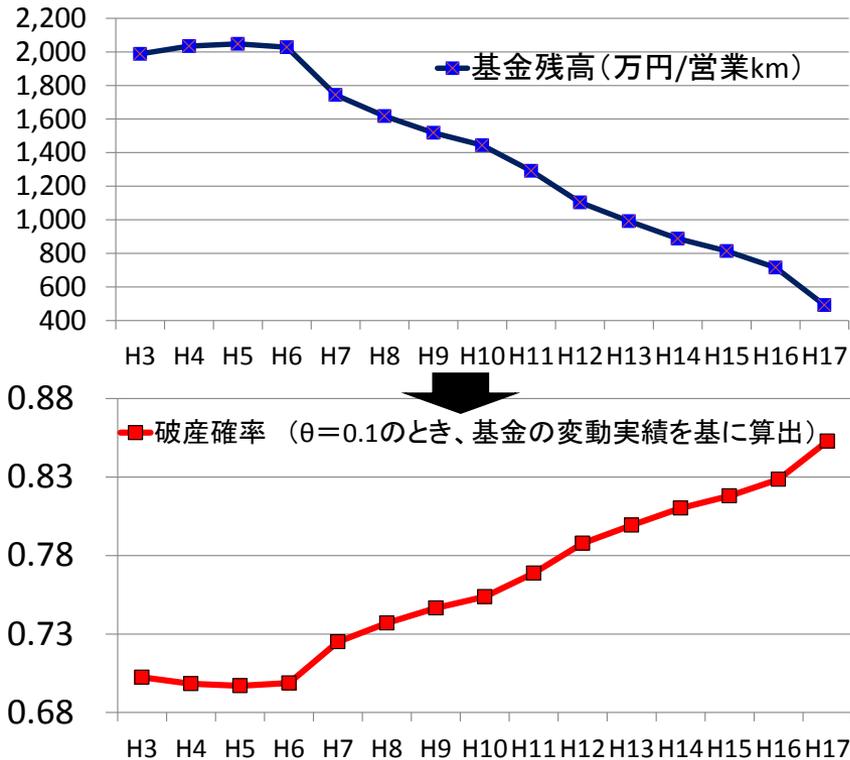


主な検討事項

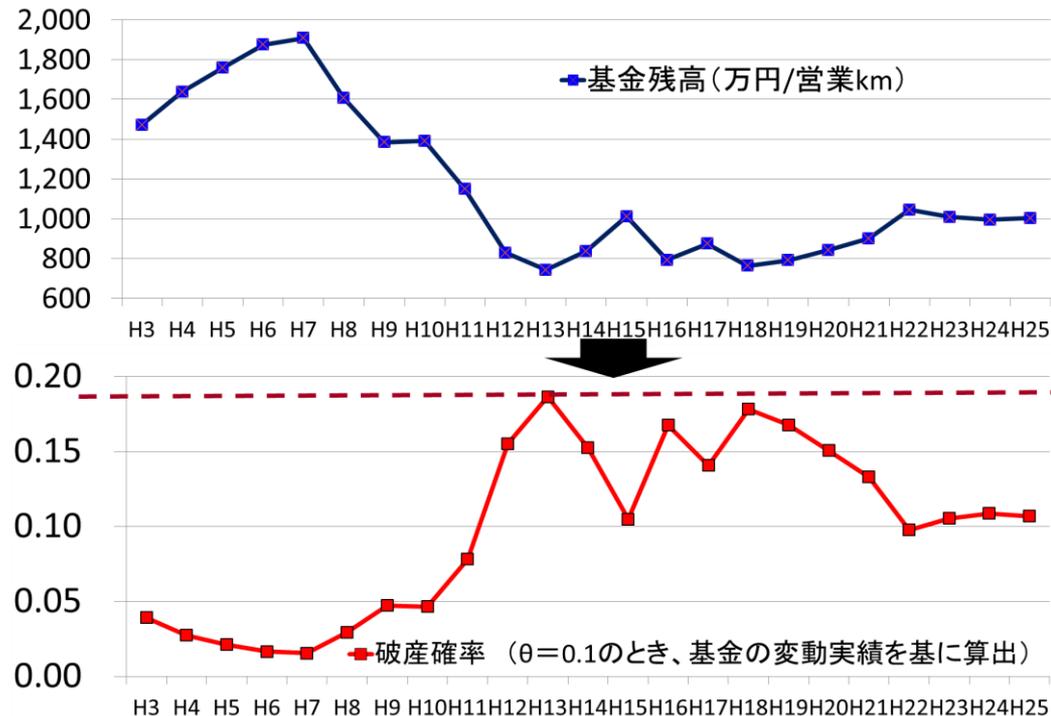
- ① 支払能力の評価  
抽象的で認識しにくい
- ② 調達金額の計算  
基準がないため勘に頼る
- ③ 制度の分析  
有効な分析手法がない

- ① 支払能力の評価  
「支払能力」を破産確率に置き換え、  
**0～1で客観的・科学的・定量的に認識可能**
- ② 調達金額の計算  
・**破産確率を基準として必要金額を計算可能**  
・調達手段の組合せも検討可能
- ③ 制度の分析  
・**各社の保険金や補助金を分析可能**  
・**複数社の保険金や補助金等も分析可能**

- ◆ 転換交付金や沿線自治体等が拠出した税経営安定基金は、災害復旧費にも充当されてきた。
- ◆ 破産確率を用いると、基金残高が災害復旧費の支払能力に及ぼした影響を0~1の数値で客観的・定量的に分析可能



高千穂鉄道の基金(上)と破産確率(下)



K鉄道の基金(上)と破産確率(下)

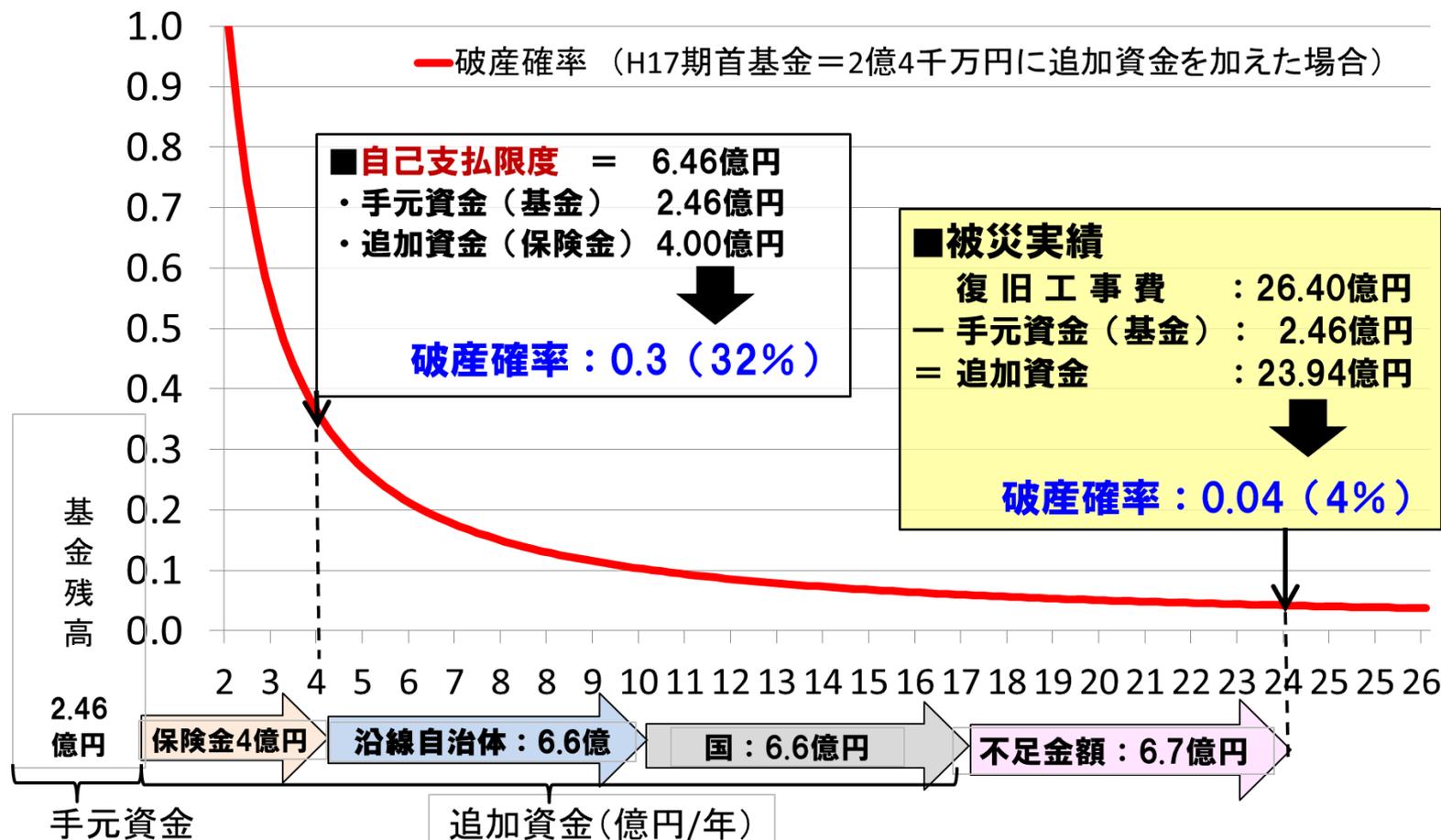
◆H17の台風14号の被災により廃業に至った破産確率4%

→ 経営安定の目標とすべき破産確率の参考値

◆保険金と公的補助に基金(全残高)を加えても、資金が6.7億円不足

→ 保険の支払限度を設定

→ 予想最大損害額(PML)の災害も想定し、外部支援金額を把握

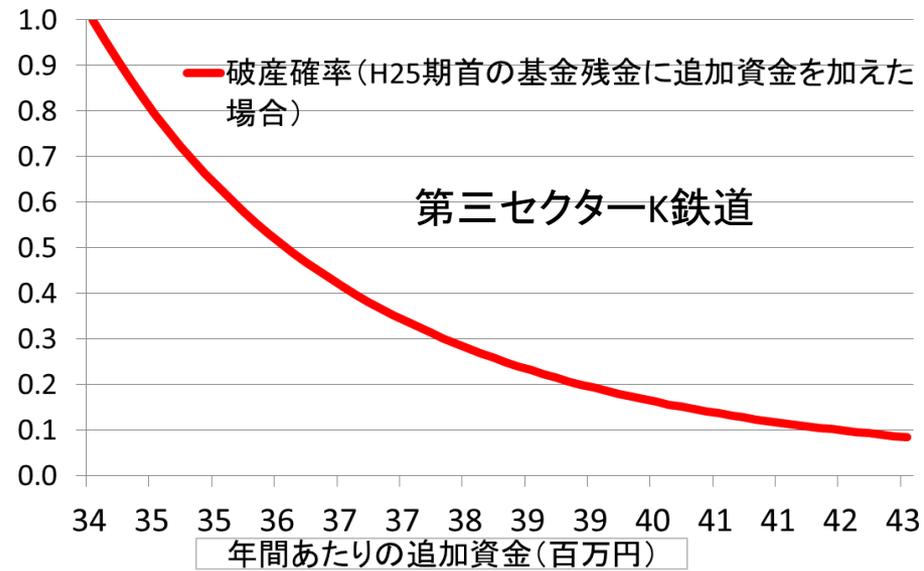
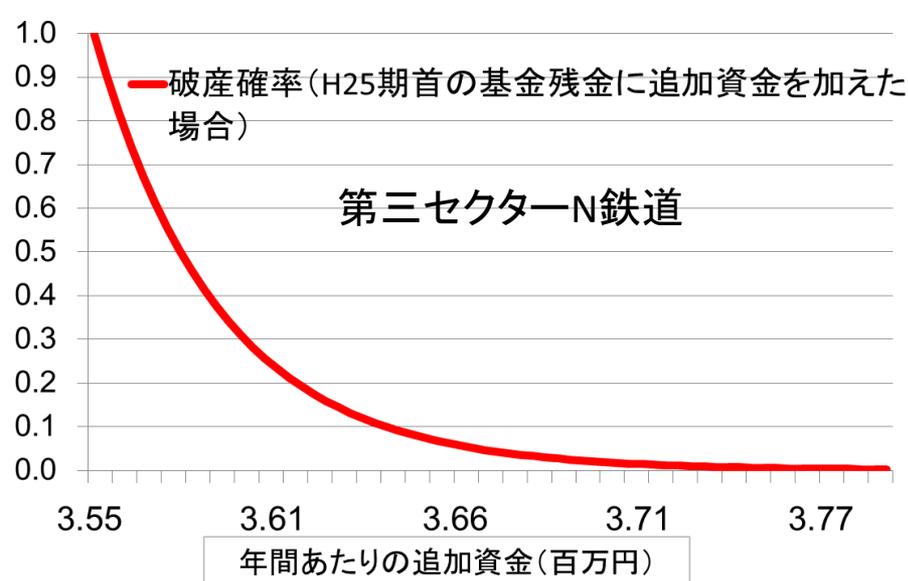


① 被災実績データ(H3～H24)と手元資金(H25期首の基金残高)を基に  
破産確率を算出(下図参照)

→ **三セクの追加資金は、数百万円/年～数十億円/年と1000倍程度の差**

② 下図を参考に、土木構造物保険の免責金額と支払限度額を設定

→ **保険料の節約、支払能力の向上**

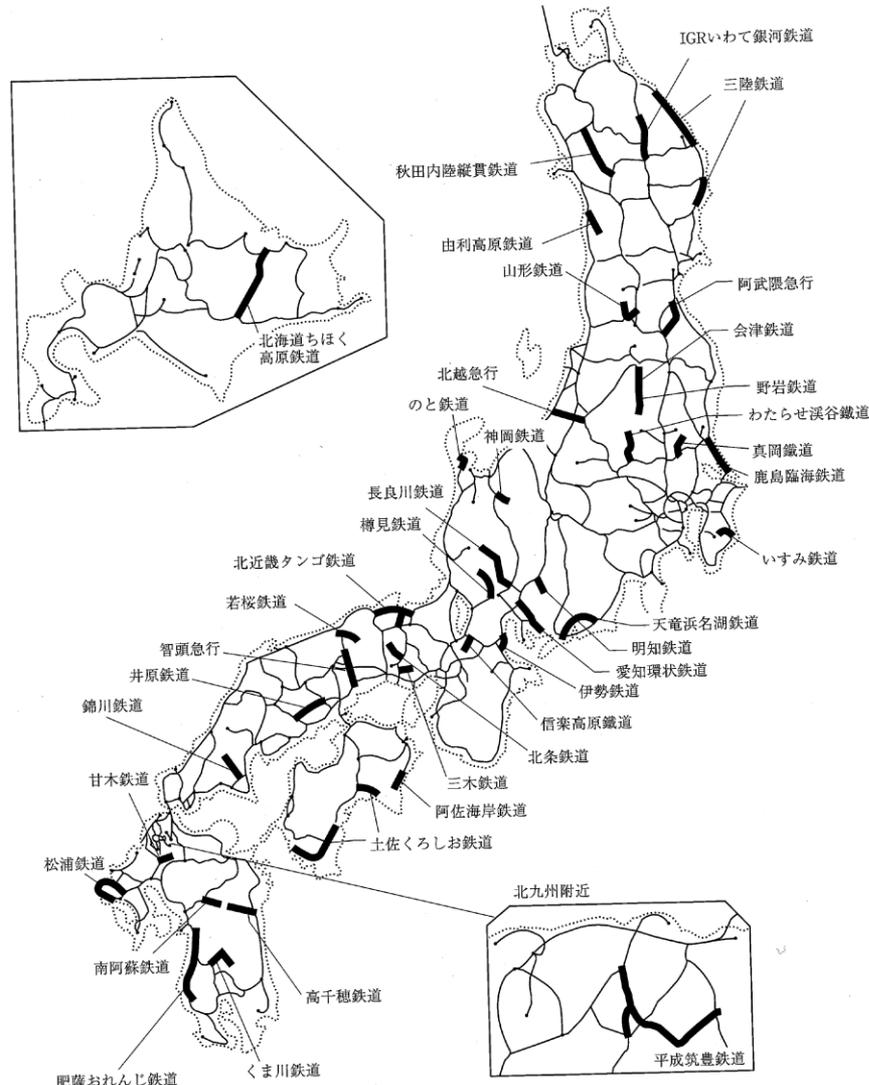


約10倍

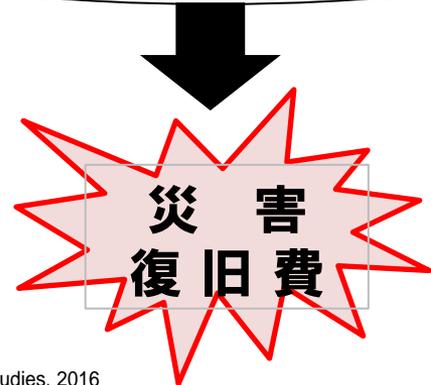
# 【試算】三セク鉄道(平均35社)「手元資金の共同化」の効果分析

★手元資金が多いほど、支払能力は高まり、追加資金の負担は軽減される。

→手元資金の拡充策として、基金残高を共同化した場合を考える。



各社の基金残高

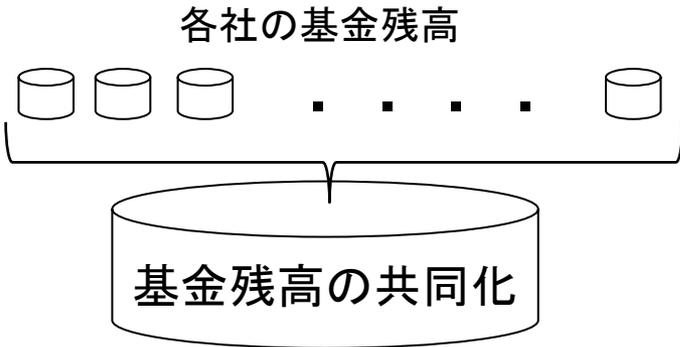


第三セクター鉄道の位置図(平成17年4月現在)

(図の出典) 第三セクター鉄道等協議会: 20年史, 2005

(C)Dr. Katumasa OHORI, Institute for Transport Policy Studies, 2016

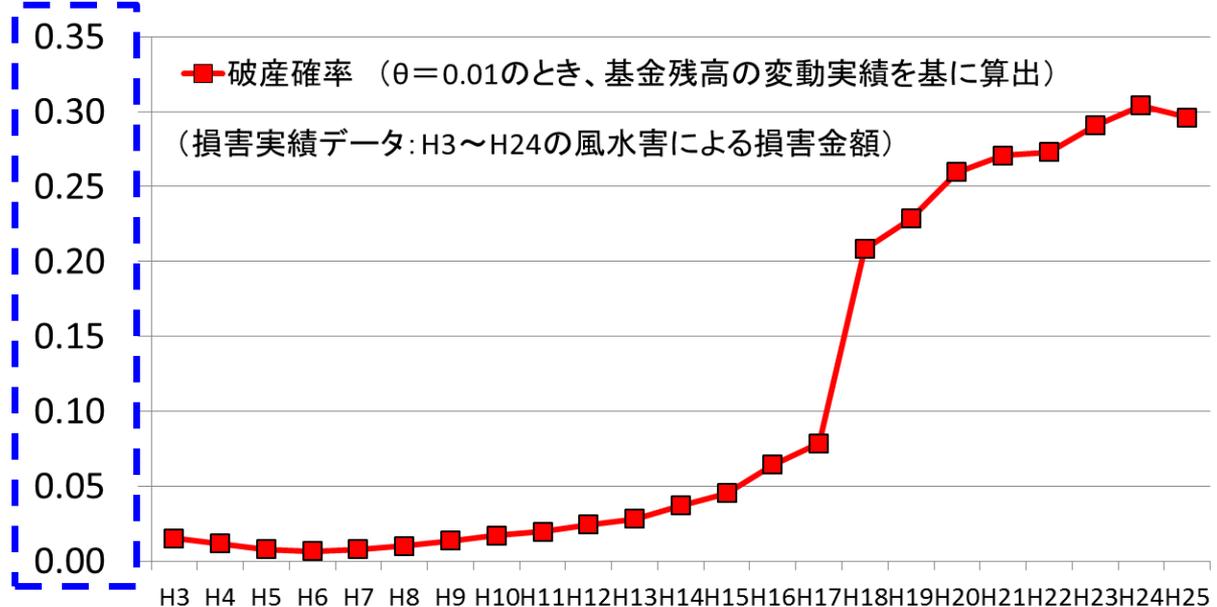
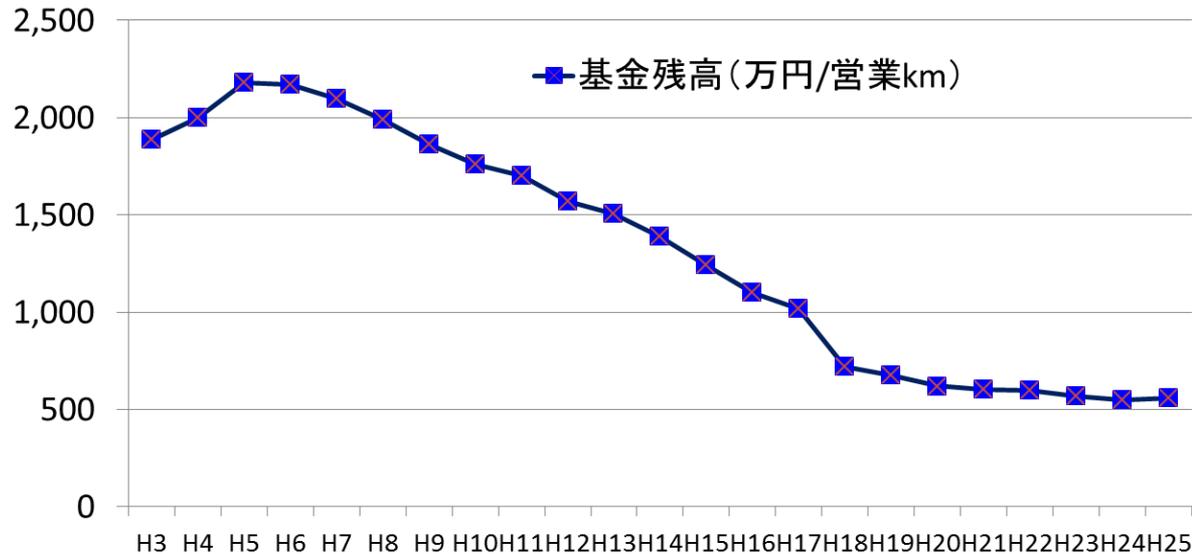
# 【試算】三セク鉄道(平均35社)「手元資金の共同化」の効果分析

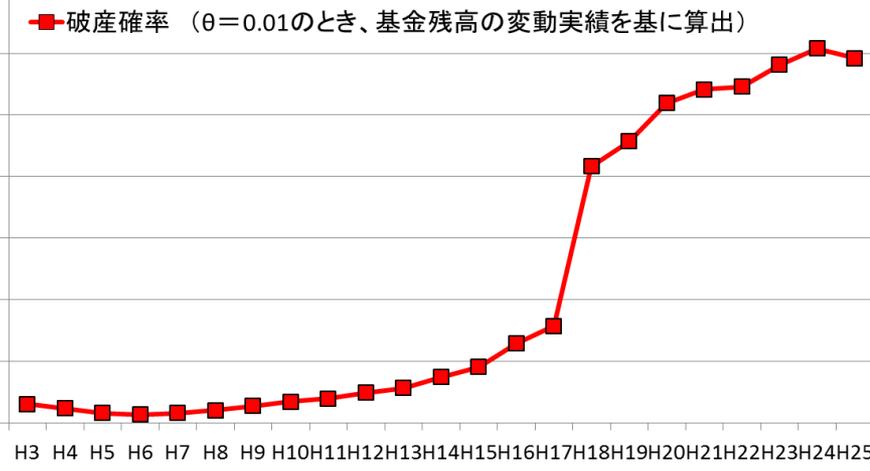
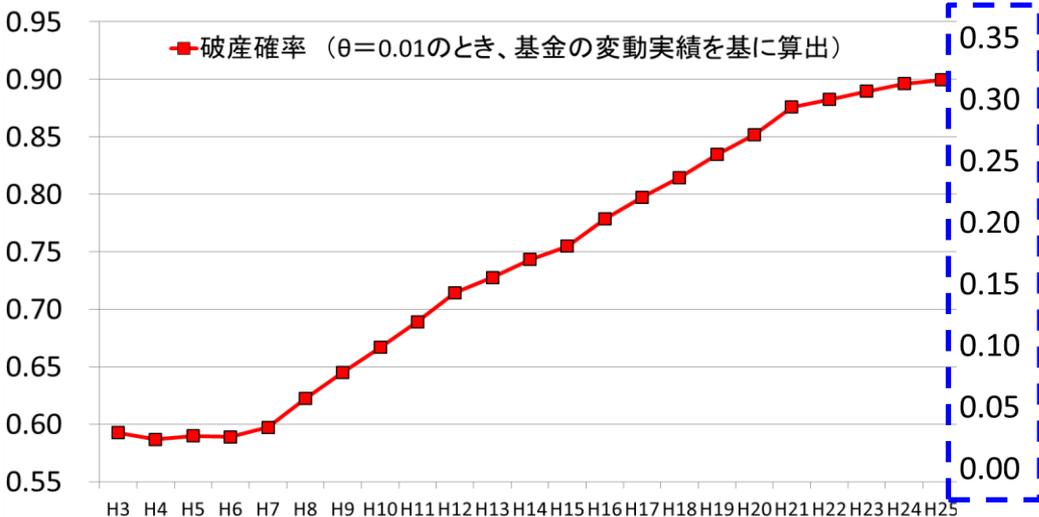


## 【分析結果】

スケールメリットにより  
破産確率が大幅に低減

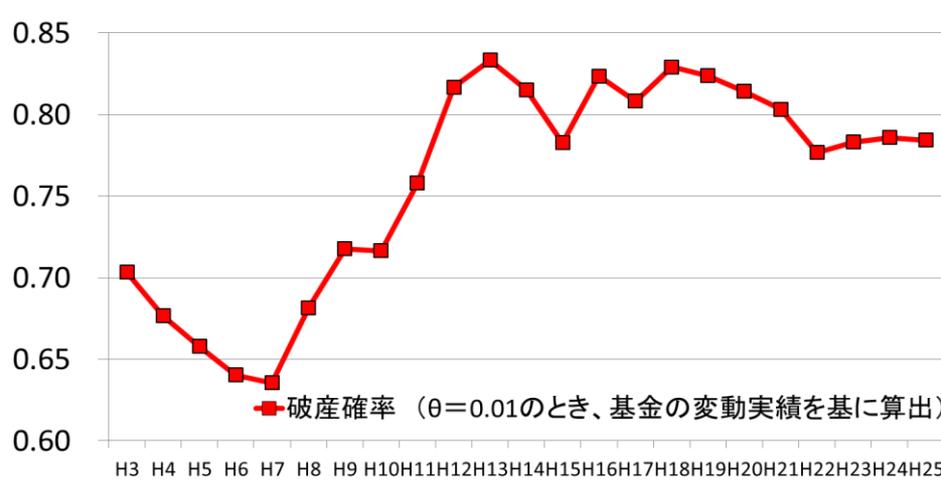
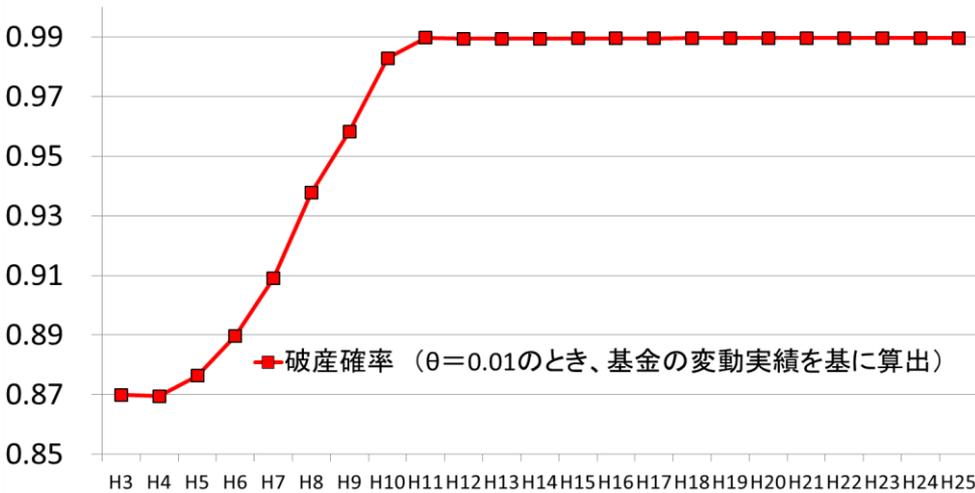
(1社ごとの基金残高では  
 $\theta = 0.1$ でも破産確率が  
0.6以上の場合が多い)





中国 D鉄道

基金残高の共同化(全国の三セク鉄道)



近畿 B鉄道

四国 C鉄道

# 【試算】三セク鉄道(11社) 手元資金と追加資金を共同化した場合の効果

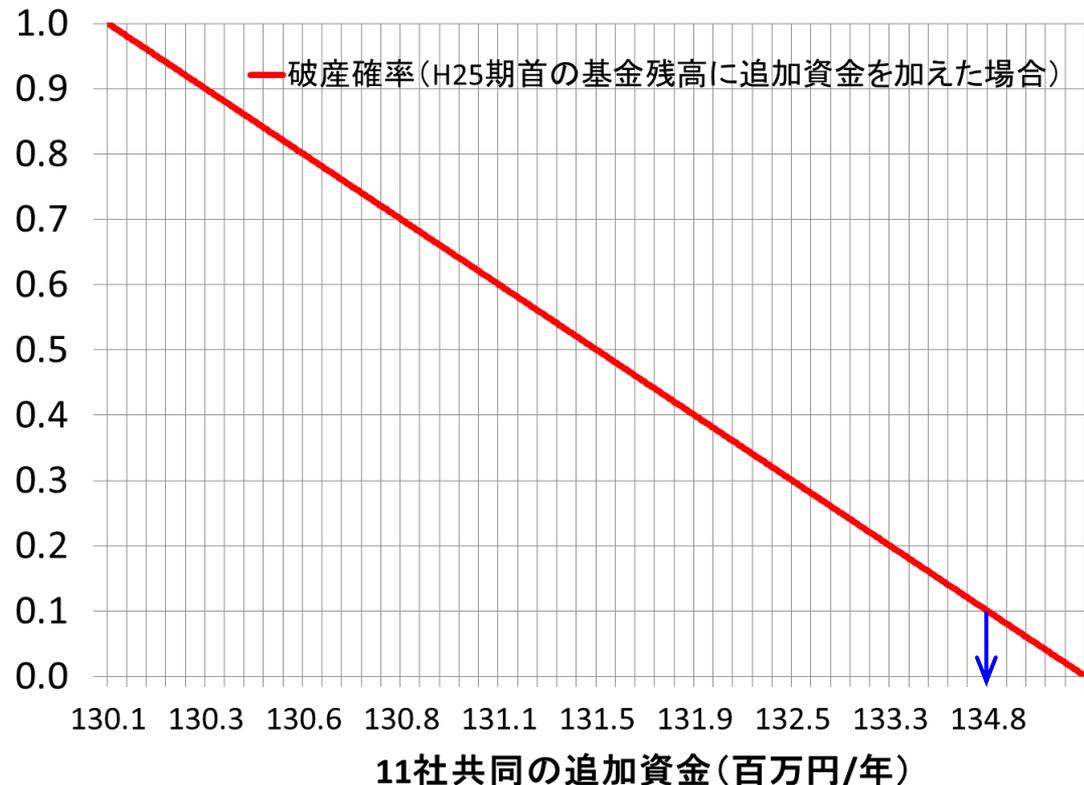
## ◆11社の災害特性と手元資金を基に破産確率※を試算

(※)任意の破産確率に対して追加資金を多め(保守的)に近似した。

## ◆任意の破産確率に対して追加資金を節減できる

**11社共同の追加資金 < 各社の追加資金の合計**

手元資金			破産確率	
H25期首の基金残高			0.1	0.01
No.	地方	事業者	追加資金 百万円	追加資金 百万円
1	東北	A鉄道	10.6	11.0
2	東北	B鉄道	8.8	9.1
3	東北	C鉄道	6.2	6.4
4	東北	D鉄道	1.5	1.5
5	関東	E鉄道	2.1	2.1
6	北陸	F鉄道	9.2	9.5
7	中部	G鉄道	33.3	39.4
8	近畿	H鉄道	42.0	54.7
9	中国	I鉄道	4.7	4.8
10	四国	J鉄道	25.2	27.5
11	九州	K鉄道	2.7	2.7
① 各社の合計			146.2	168.8
			百万円	
②11社共同の追加資金			134.8	140.0
			百万円	
①-②節減額(H25)			11.4	28.8
			百万円	
節減額/社(H25)			103	262
			万円	



※実際の節減額は、さらに大きい。

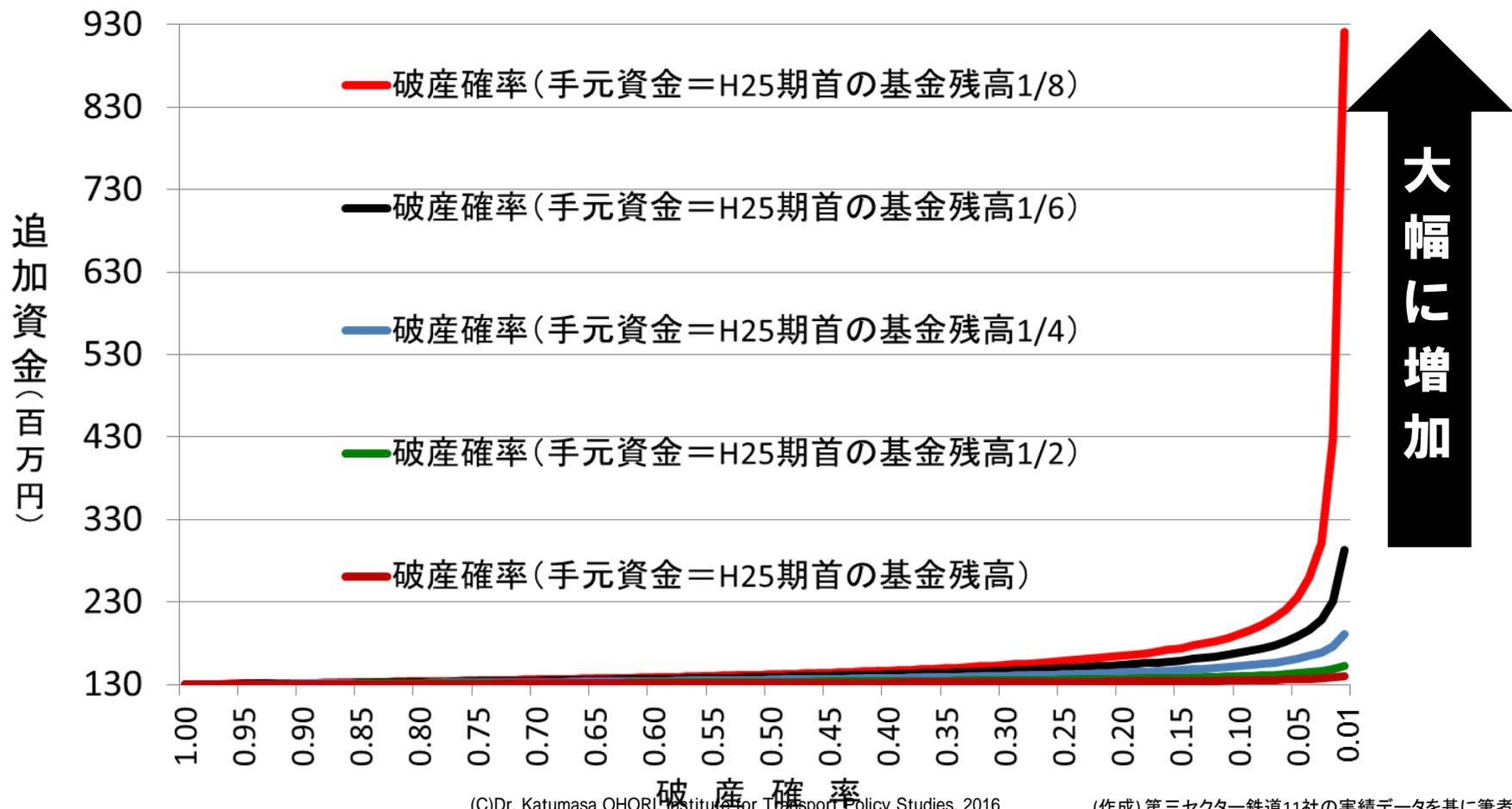
# 【試算】 三セク鉄道(11社) 手元資金に対する追加資金の感度分析

◆追加資金は、破産確率0付近で急増する。

◆**手元資金がある値(下図:約1/8)以下に減少すると、追加資金が大幅に増加**

→【経営】手元資金を一定程度確保することは、極めて重要

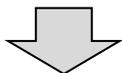
→【政策】手元資金の共同化などの量的拡大は、追加資金の抑制に効果的



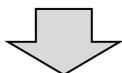
	1社(自社のみ)	複数社(災害復旧資金の共同化)
基本手順	<p>① 自社の災害特性を把握</p> <p>↓</p> <p>② <b>破産確率を基に</b> <b>手元資金を一定程度確保</b></p> <p>↓</p> <p>③ <b>破産確率を基に</b> <b>追加資金を検討</b> (保険の契約条件等)</p>	<p>■ 量的拡大</p> <p>① 手元資金のみ (例) 災害復旧用の<b>共同積立金</b></p> <p>② 手元資金と追加資金の両方 (例) 災害復旧用の<b>共同積立保険</b></p> <p>↓</p> <p>■ 災害復旧資金の共同グループが、 <b>破産確率を基に</b>左記と同様に <b>手元資金と追加資金を検討</b></p>
効果	<p>★ <b>経営の安定</b> (支払能力の向上)</p> <p>★ <b>コスト縮減</b> 保険契約の適正化 (免責額や支払限度額)</p> <p>★ <b>透明性の向上</b></p>	<p>★★ <b>スケールメリット</b></p> <p>【鉄道事業者】 <b>経営の安定&amp;コスト縮減</b> より少ないコストで グループ全体の支払能力が向上</p> <p>【行政、保険会社】 <b>追加資金(補助金や保険金等)の縮減</b></p>

## 1980年代～1990前半

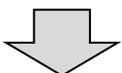
国鉄改革



**経営規模の細分化**



**災害に対する  
支払能力の低下**



**被災による廃業の  
減少に貢献した要因**

- ①赤字路線の廃止
- ②基金(三セク)
- ③鉄道軌道法の改正
- ④土木構造物保険の創設
- ⑤地元住民と沿線自治体の熱意と支援

## 1990後半～現在(2016)

自然災害の増加・激化



保険:補助=9:1 (三セク実績)  
手元資金(基金等)の充当



保険:採算困難、支払縮小  
補助:多くの改善ニーズ

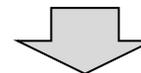


**資金調達の問題**

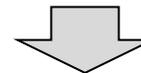
- ◆自己負担額の増加
- ◆手元資金
  - ・基金(三セク)の枯渇
  - ・内部留保(民鉄)の枯渇
- ◆追加資金
  - ・保険料が重い負担
  - ・自治体補助が不確実

## 今後

風水害の増加・激化  
鉄道経営の悪化



**破産確率の活用**

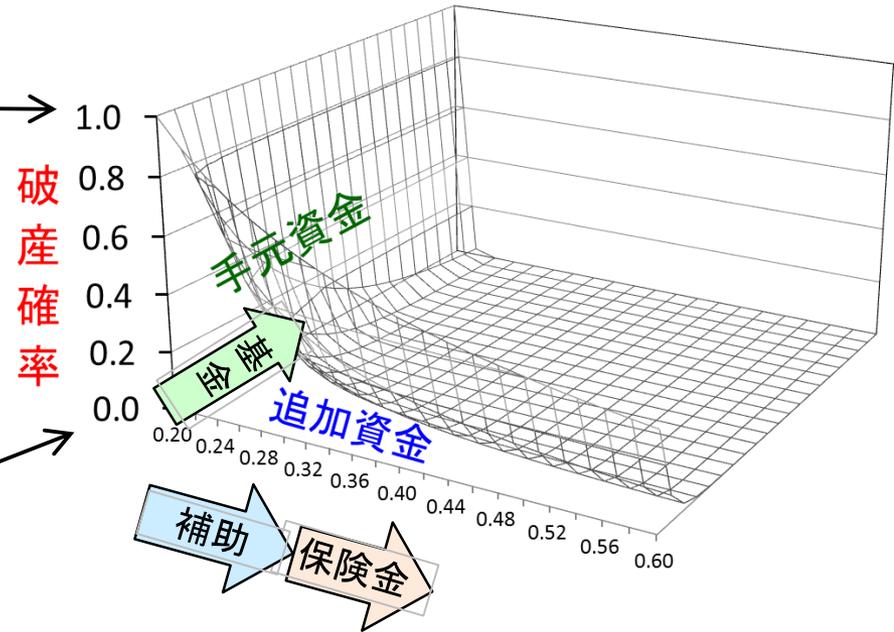
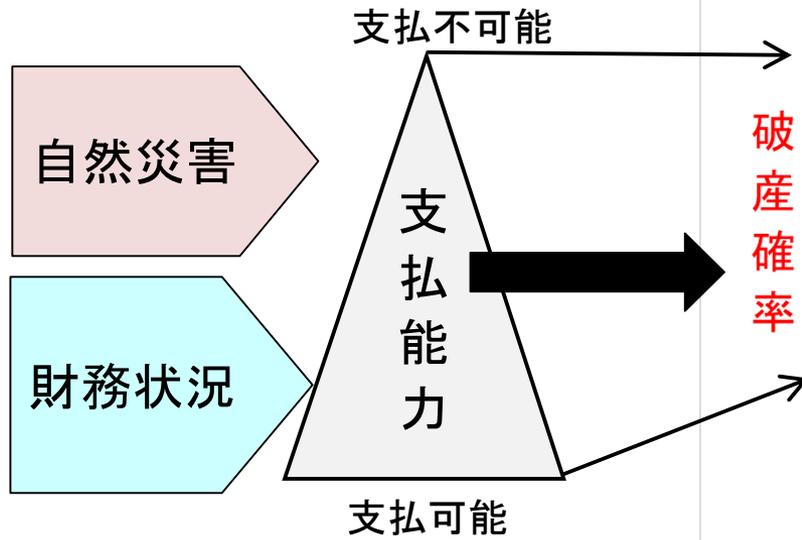


＜改善の方向性＞

- ①**手元資金の確保**
- ②**補助制度  
のニーズ対応**
- ③**スケールメリット  
の活用**
- ④**鉄道周辺の  
防災事業との連携**

## 改善の方向性

## 具体例



破産確率の活用

主要な政策課題

① **手元資金の確保**

【各社】一定程度確保、積立金などの補充ルール  
 【自治体等】他自治体との災害復旧資金の連携

② **補助制度のニーズ対応**

- ◆ 鉄道事業者のニーズ対応(補助要件、補助率)
- ◆ 自助努力の促進策

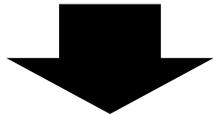
③ **スケールメリットの活用**

- ◆ 災害復旧用の共同積立金(仮称)
- ◆ 補助制度におけるスケールメリットの促進策

④ **鉄道周辺の  
防災事業との連携**

- ◆ 橋梁架替費等の費用分担のルール化
- ◆ 鉄道周辺の防災事業と連携した復旧

自然災害リスク（対象：風水害）



数理分析（**破産確率**）



リスク分散……災害復旧費の費用負担を  
空間的、時間的に  
広く、適切に分散させる政策が必要

ご静聴、ありがとうございました。

本研究において、国土交通省鉄道局、  
第三セクター鉄道等協議会、複数の鉄道会社様  
をはじめ多くの方々から情報提供ならびに御指導を賜りました。  
深く御礼申し上げます。

大堀 勝正