

鉄道事業における 風水害リスク・ファイナンスの実証分析

Empirical Analysis on Storm and Flood Disaster Risk Finance
in Railway Businesses

研究報告会 2017年春(第41回)

2017年5月23日

(財)運輸総合研究所 総合研究部

大堀 勝正

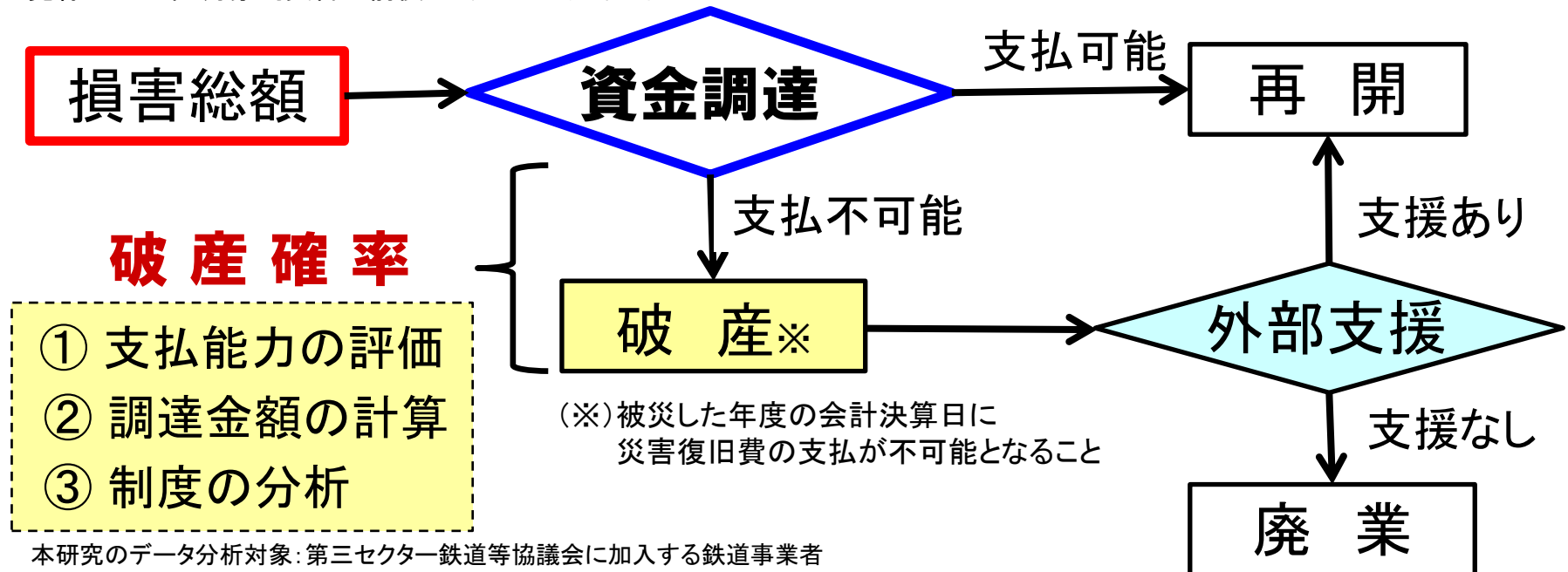
1. 本研究の背景と目的.....	3
2. 経営難の鉄道事業における風水害RFの問題.....	9
2-1 RF実務の問題.....	10
2-2 災害復旧制度の問題.....	17
3. 風水害RFの実証分析.....	20
3-1 風水害RFに資する破産確率の概要.....	20
3-2 第三セクター鉄道を対象とした実証分析.....	24
3-3 得られた示唆.....	34
4. まとめ.....	37

1. 本研究の背景と目的

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)

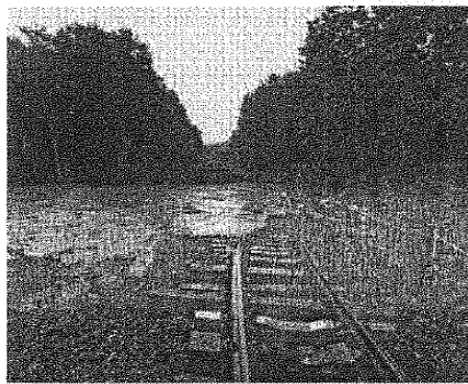


台風交通寸断長期化へ

JR北 被害の全貌把握できず

台風の影響で北海道内の交通網への打撃が長期化しそうだ。北海道旅客鉄道（JR北海道）は2日、先月中旬から複数回にわたって道内を襲った台風の被害をとりまとめた。石北線の一部箇所への応急措置だけでも1カ月半かかる見通しで、複数の橋梁が流失した根室線については被害を完全に把握できていない。復旧費は国の支援を加えても巨額となる見通し。経営再建中の同社に大きな打撃だ。

復旧費、経営再建に打撃



橋が流失し線路がちぎれた根室線の第1佐幌川橋梁（新得―十勝清水間、JR北海道提供）



JR北海道の運転見合わせ区間は広範囲に及んでいる（2日夜時点）

全道で少なくとも21カ所で列車が運行不能な被害が生じている。根室線では新得駅の周辺で3つの橋梁が流失したほか、路盤の流失や護岸の変形なども生じている。日高線も橋梁の破壊・流失や護岸の倒壊が発生。函館線の大沼―長万部間では

2016年9月3日 日本経済新聞 地方経済面 北海道

◆災害復旧費用の公的支援案（JR北海道）

- ① **通常** 1/4 地元自治体（北海道、沿線市町村）
- ② **上限** 1/4 国（鉄道軌道整備法の災害復旧補助）
- ③ **さらなる公的支援を求める考え**

JR北、台風被害額最大に

有珠山噴火の20億円超え

北海道旅客鉄道（JR北海道）の島田修社長は7日、台風で寸断された路線網の被害総額が2000年の有珠山噴火時の約20億円を超え、同社の発足以来最大規模になるとの見通しを明らかにした。橋梁が流失した根室線の運行再開はすでに1月末以降になるなど、時期については一定のめどを示した。ただ、費用確保の見通しは立っておらず、財務状況が厳しいなか、国や北海道の支援なしでは難しい情勢だ。

根室線復旧は11月末以降

同日、道庁で高橋は一連の台風による被害箇所の全容について「ほぼつみ知事と面会後、記者団 所は7日午後2時現在で、かみついる」とし、10の質問に答えた。今回の21カ所。島田社長は被害、月中旬の運転再開が視野

に入っている石北線に加え、根室線の復旧に全力を注ぐ方針を強調した。新得駅周辺で3つの橋梁が流失した根室線は、

■JR北の被害計100億円
相次ぐ台風の被害を受けたJR北海道の復旧工費が少なくとも50億円近くになることがわかった。運休による減収は約40億円で、被害額は計100億円近くに膨らむ。同社は、復旧費用の半分を国や北海道に負担してもらおう制度の活用に加えて、さらなる公的支援を求める考えだ。

被災前は今年度の経常赤字を過去最大の175億円と見込んでいたが、さらに膨らむ可能性もある。近く自社だけで維持できない複数の赤字路線を公表し、沿線の自治体と存廃の協議を始める。

JR北海道の運休区間と今後の復旧状況

路線	運休区間	復旧見通し
石北線	上川―白滝	10月中旬
石勝線・根室線	札幌―帯広（釧路）	11月末以降
根室線	富良野―新得	未定
日高線	苫小牧―釧路	14日に復旧のメド提示
釧路線	釧路―知床斜里	未定



高橋知事に台風被害について説明するJR北海道の島田社長（右）

2016年9月8日

日本経済新聞 地方経済面 北海道

太田・杉山(鉄道総研)の調査結果

◆土石流入・土石流など

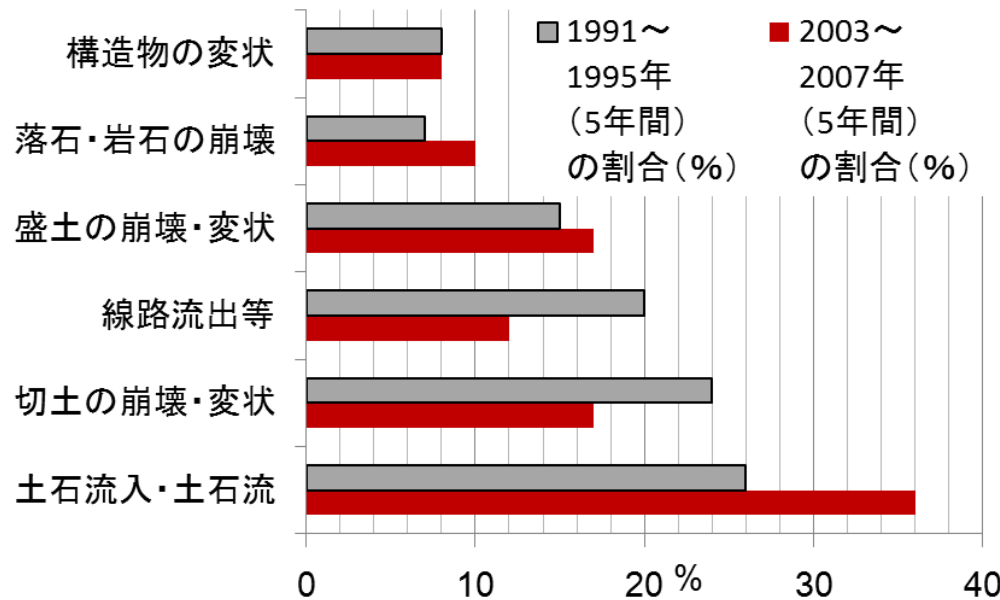
鉄道事業者の管轄外に起因する
災害の割合が増加

【主要要因】 集中豪雨の増加,
台風上陸回数の増加

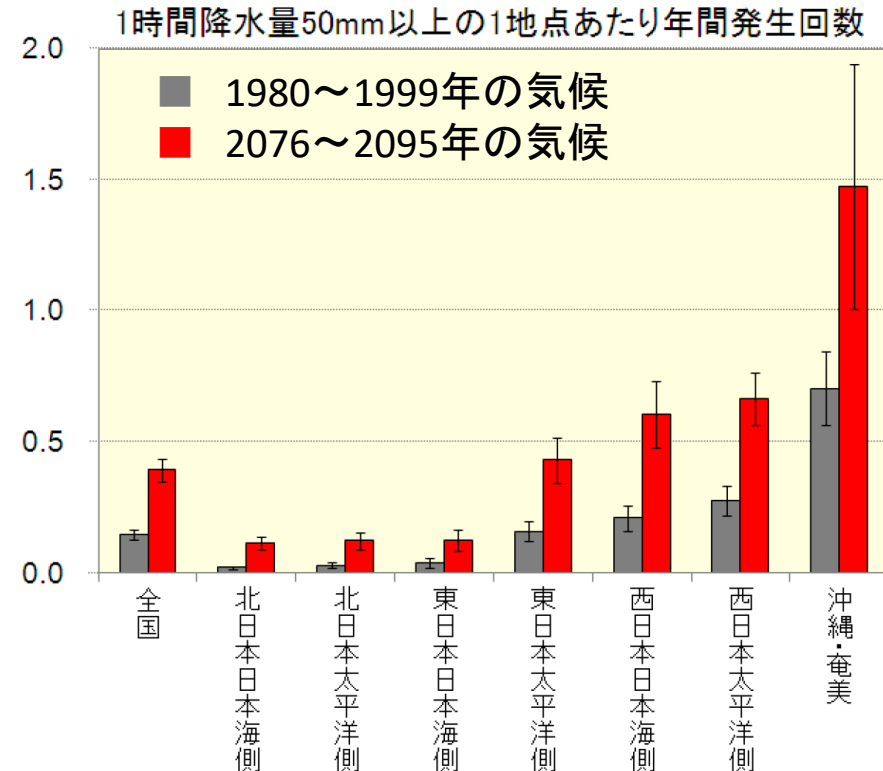
気象庁(2013)

豪雨(50mm以上/h)の発生頻度は

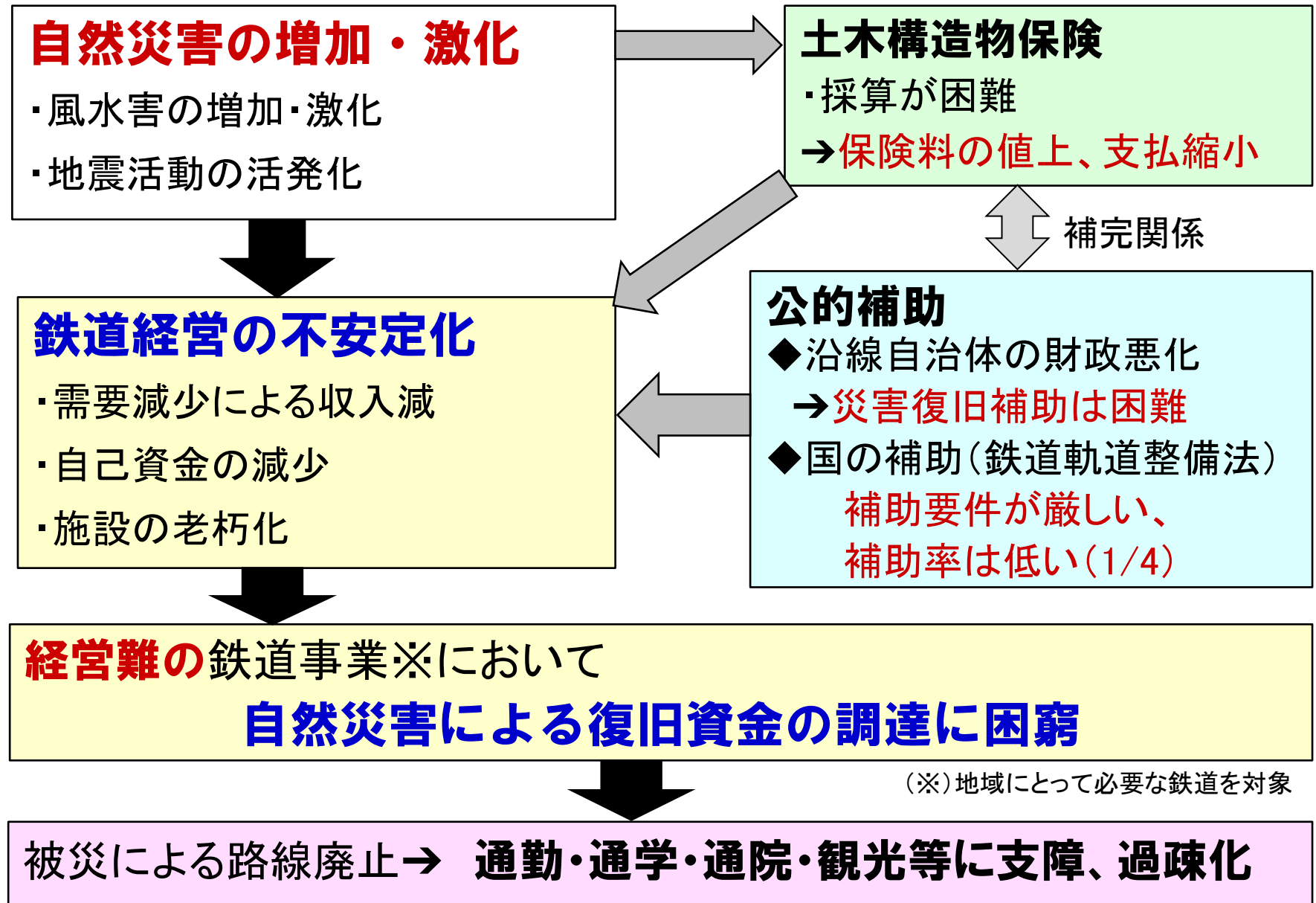
今後、全国的に増加



鉄道(JR)の自然災害種別の変化



(図)気象庁:地球温暖化予想情報第8巻、2013.



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。

自然災害

- ◆ 損害件数(廃止要因、三セク鉄道)の比率
風水害：地震・津波 = **9**：1
- ◆ **風水害**の増加・激化

グレーゾーン

(自然災害と人為的災害の中間)

- (1) 損害リスクの認識不足
- (2) 金銭的備えが不十分
- (3) 災害復旧制度の問題

人為的災害

- ◆ 法的義務の不履行
- ◆ 安全対策の不備
- ◆ 構造物の問題、等

【研究対象】

**経営難の
鉄道事業**

風水害

グレーゾーン

**破産確率
による
実証分析**

**風水害RF
への示唆**

2-2 災害復旧制度の問題

(3) 災害復旧制度の問題

- ① 鉄道軌道整備法
(地方公共団体と国の補助)
- ② 土木構造物保険
- ③ 上下分離の場合、交付税措置
(補助災害復旧事業債)
- ④ 特例措置(実績2例) 等

2-1 RF実務の問題

(1) 損害リスク の認識不足

(2) 金銭的備えが不十分

- ① 土木構造物保険
- ② 手元資金による自己負担

損害総額

資金調達

支払可能

再開

支払不可能

破産※

外部支援

支援あり

支援なし

廃業

(※)被災した年度の会計決算日に
災害復旧費の支払が不可能となること

【経営環境の変化】

■ 自然災害

- ・風水害の増大・激化
- ・地震の活発化

■ 老朽化

- ・集中的な更新時期
- ・安全強化への対応

■ 赤字の要因

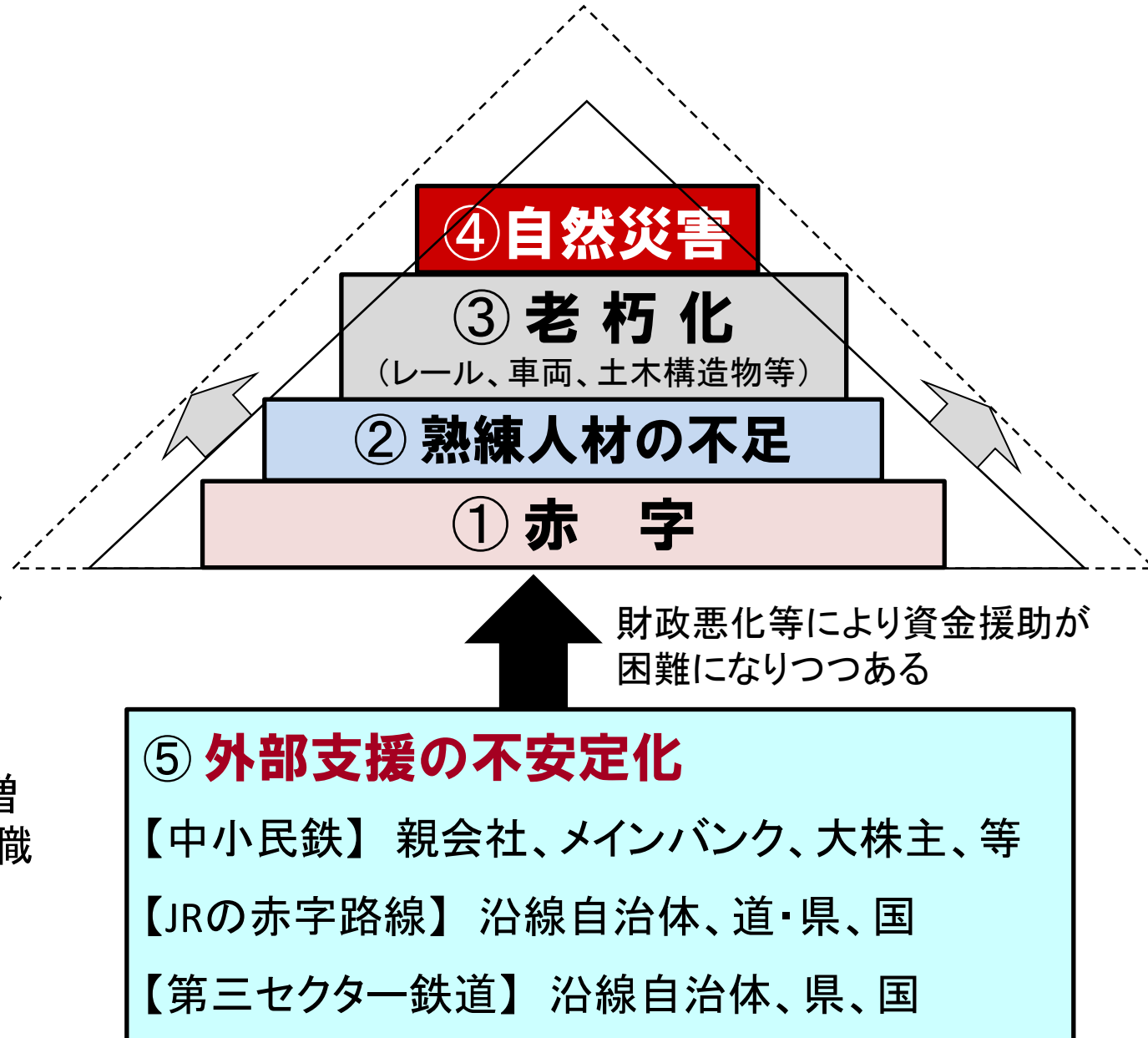
- ・人口減少→需要減
- ・道路整備→鉄道離れ

■ 市場・経済

- ・低金利→運用益減
- ・電気料金等のコスト増
- ・人手不足、若手の離職

■ 国・地方公共団体

- ・税収の減少
- ・福祉等の支出増大





(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

2005(H17)年 9/6 台風14号による被災

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
------------	-------------------	------------------------	----------------

9～12月 沿線住民・商工会・観光協会等から早期再開を要望

→ 沿線の3町・1市と県で費用負担をめぐる問題を協議

2005年 12/20 取締役会で経営を断念 → 12/27 株主総会で承認

2006年 1/31 社員を解雇

【参考】2004年度の経常損益 ▲0.67億円

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

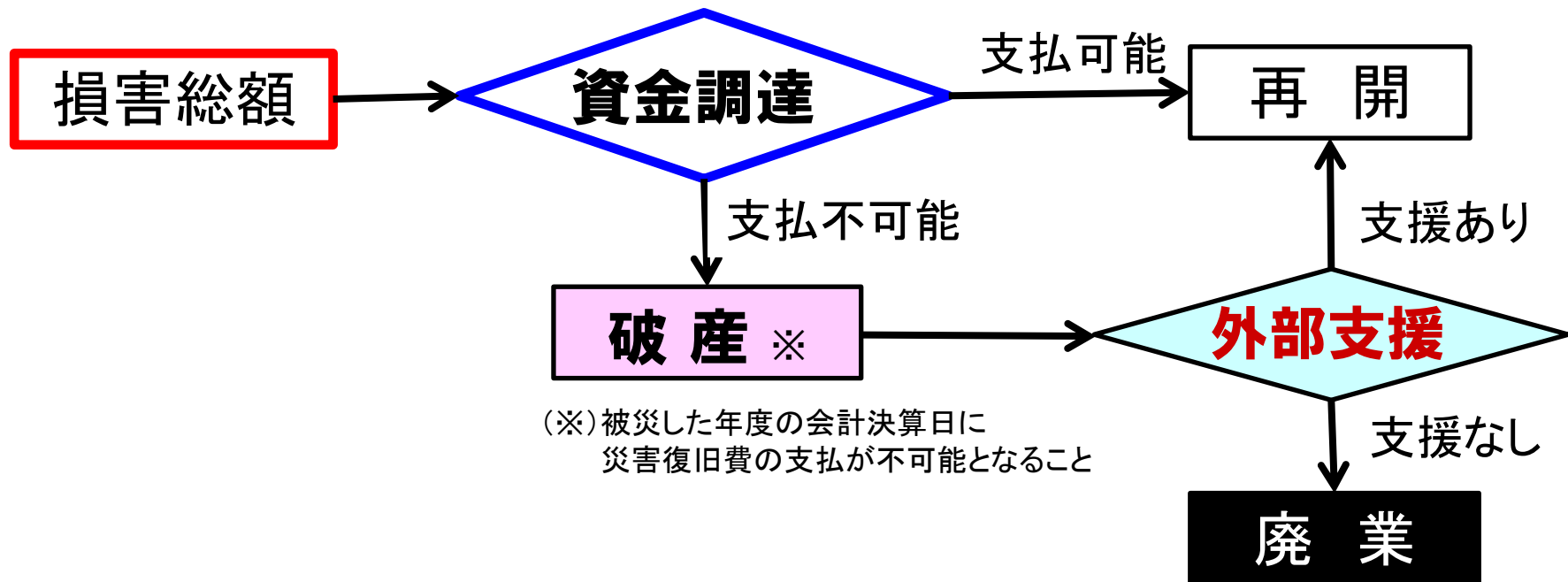
お金の流れに着目すると、基本的な流れは以下のとおりである

◆RFの重要な局面：① 被災～会計決算までの資金調達

② 破産した場合、外部支援による資金調達

◆RFの制約条件：③ 上記①②の期間が、数ヶ月～1年以内と短い

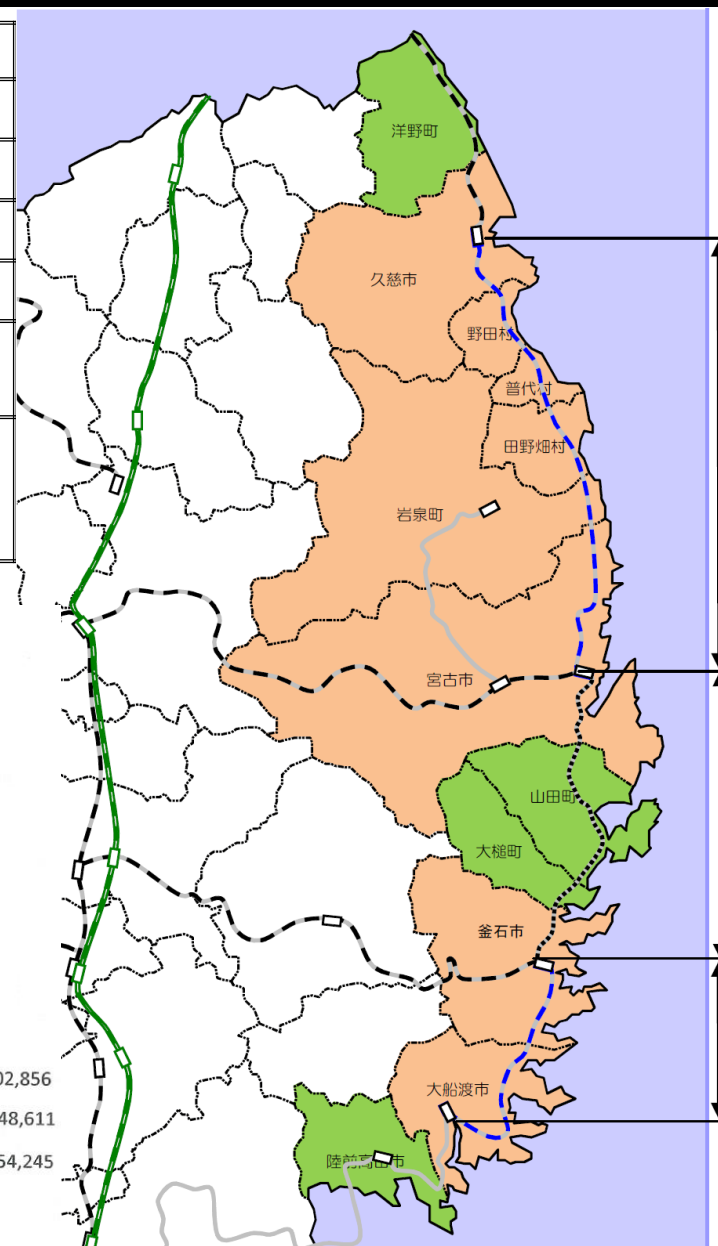
ボトルネック { ④ **外部支援には、多くの利害調整や議会承認等が必要**
⑤ **首長の政治判断、経済・財政状況等に左右される**



【事例2】 三陸鉄道における被災実績と懸念

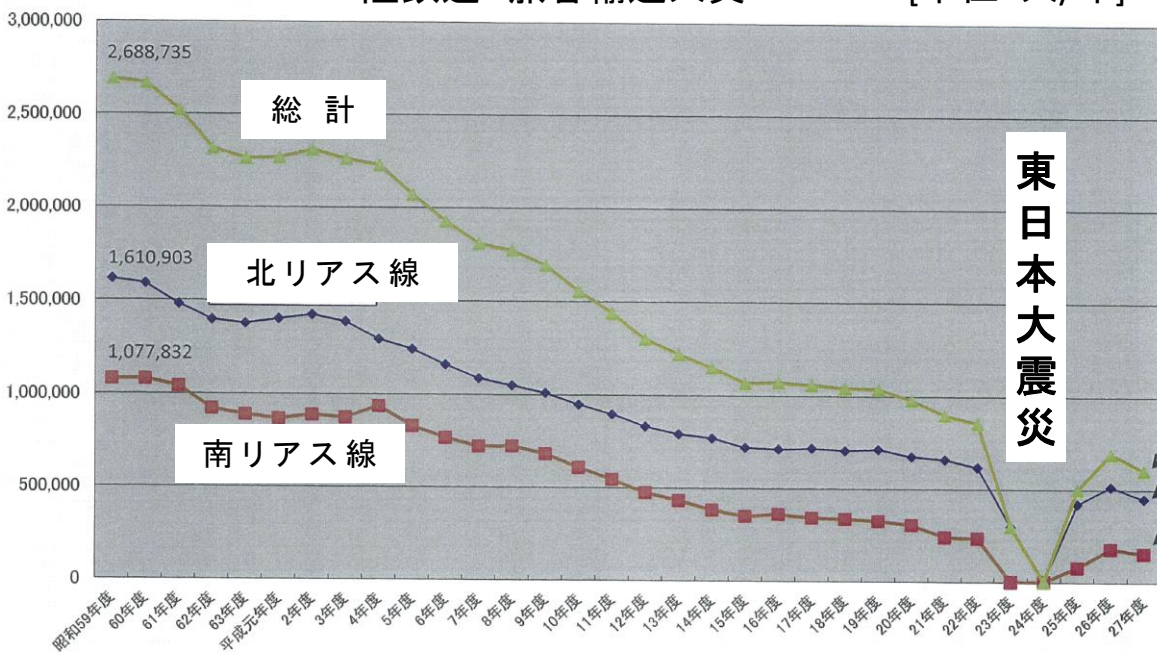
13

営業キロ	1 0 7.6 km (北リアス線 71.0km、南リアス線 :36.6km)
利用特性	通学定期80%、通勤定期6%、定期外14% (震災前の5-7割、H27実績)
輸送密度	1 2 0 1 (S59) → 2 5 1 (H25) (人/日・キロ)
営業係数	9 8 (S59) → 1 6 1.7 (H25) (円/100円)
経常損益	S59～H5までは黒字、H6以降は赤字 ▲2億1483万円 (H25実績)
主要株主	岩手県 48.0%、宮古市 4.5%、大船渡市 3.8% (沿線自治体:75.3%) 岩手銀行 4.0%、新日鐵住金 3.3%、東北電力 3.3% 他
経営特性	- 赤字補填は、原則として県及び沿線市町村が各1/2を負担 - H21(2009)年度に上下分離、H23に車両以外の資産を全て沿線自治体に譲渡 - H30にJR東日本から山田線の一部(宮古駅～釜石駅)を移管予定



三陸鉄道 旅客輸送人員

[単位:人/年]



(図およびデータ) 三陸鉄道より提供
(C) Dr. Katsuya OHORI, Japan Transport Research Institute, 2017

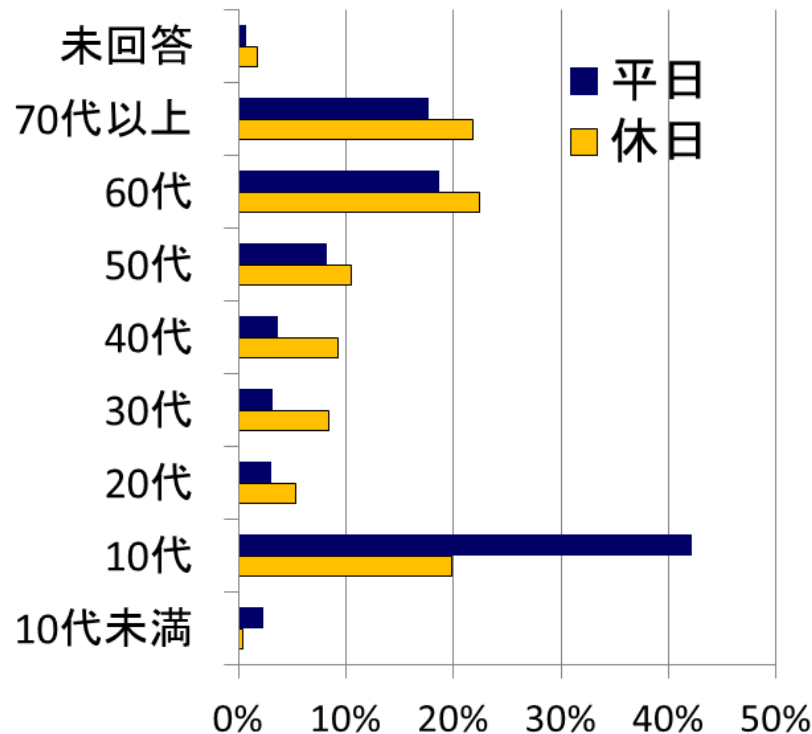
(図の出典) 宮古市:三陸鉄道の現況と課題

◆【平日】 10代(高校通学等)と高齢者(60代以上)の利用が全体の約8割

◆【休日】 高齢者(60代以上)の利用が合計44%と圧倒的に多い

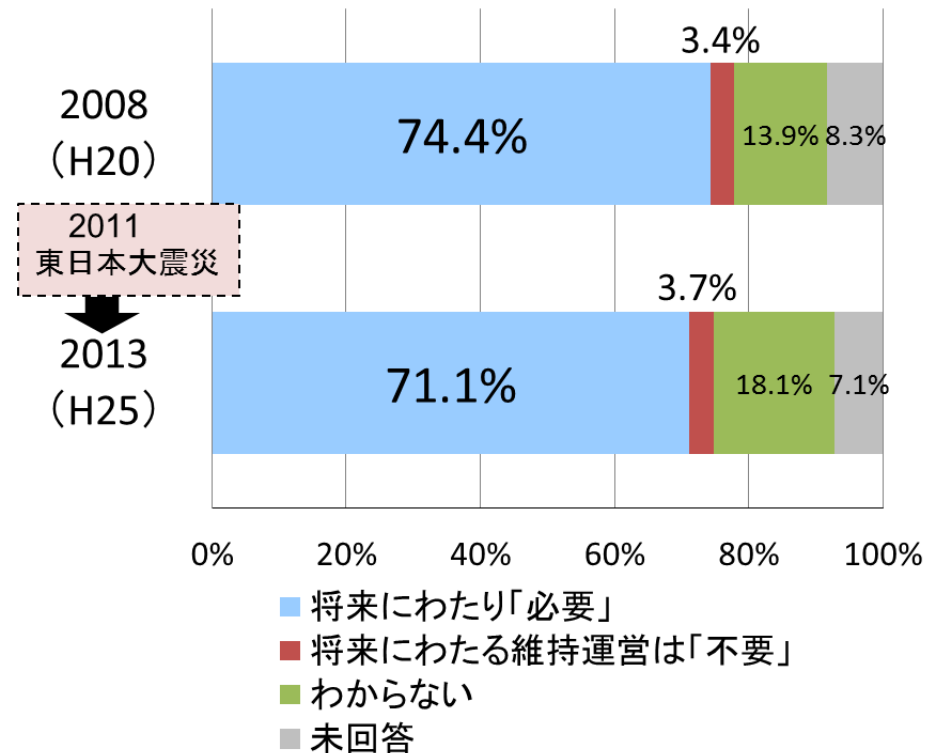
◆必要性については、7割以上が「将来にわたり必要」と回答

「不要」の回答は、3～4%。東日本大震災の前後でほぼ同様。



三陸鉄道 旅客流動—利用者属性 (2013)

(データ) 2013(H25) 三陸鉄道による調査結果



三陸鉄道の必要性に関するアンケート調査結果

アンケート調査	2008(H20)	2013(H25)
配布(世帯)	2223	1558
回収	719	510
回収率	32%	33%

(出典) 宮古市: 三陸鉄道の現状と課題

調査対象: 三陸鉄道の主要駅から2km以内の居住者

① 8/31



③ 9/1



① 9/1

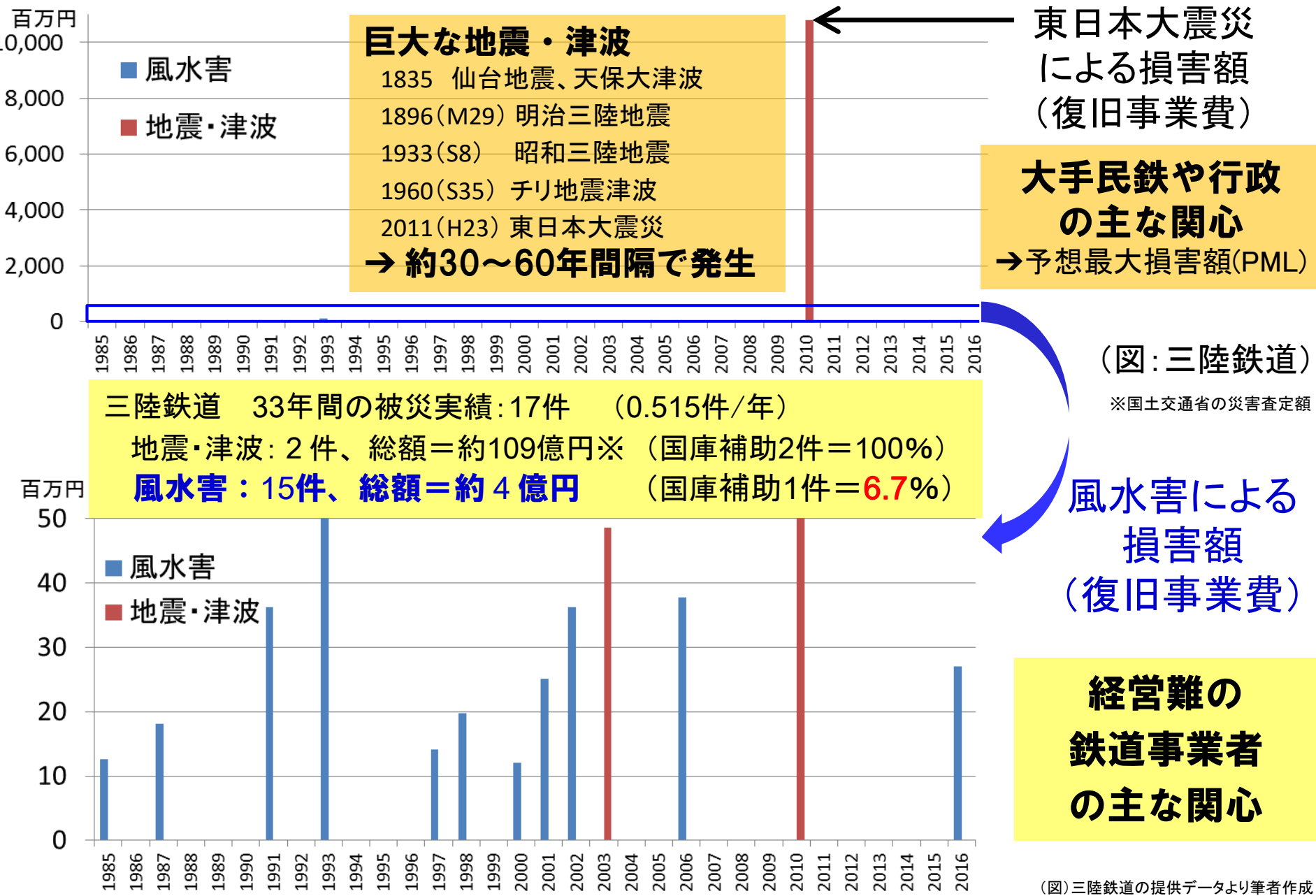


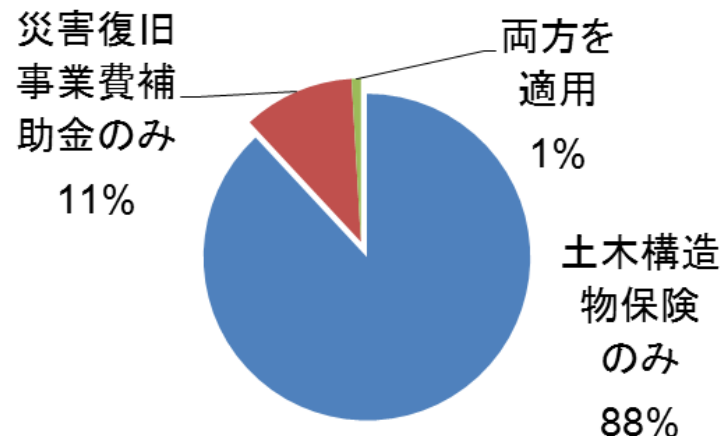
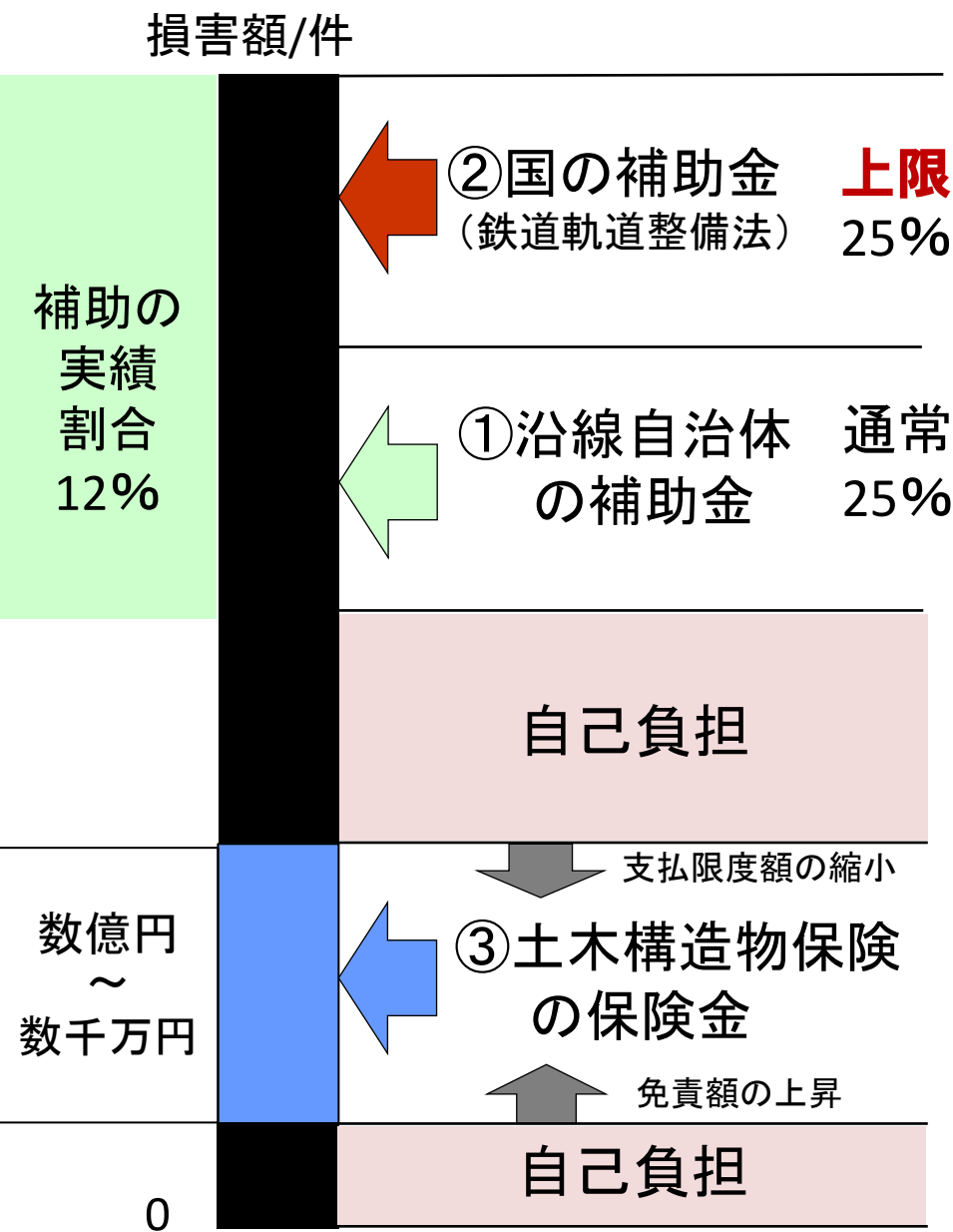
② 9/1



切取法面(張ブロック)洗掘土砂流入
宮古～一の渡駅間 3k070m付近左

切取法面(擁壁上部)滑り土砂流入
堀内～野田玉川駅間 53k418m付近左





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**

(出典) 第三セクター鉄道等協議会、国土交通省鉄道局の提供データを基に筆者作成

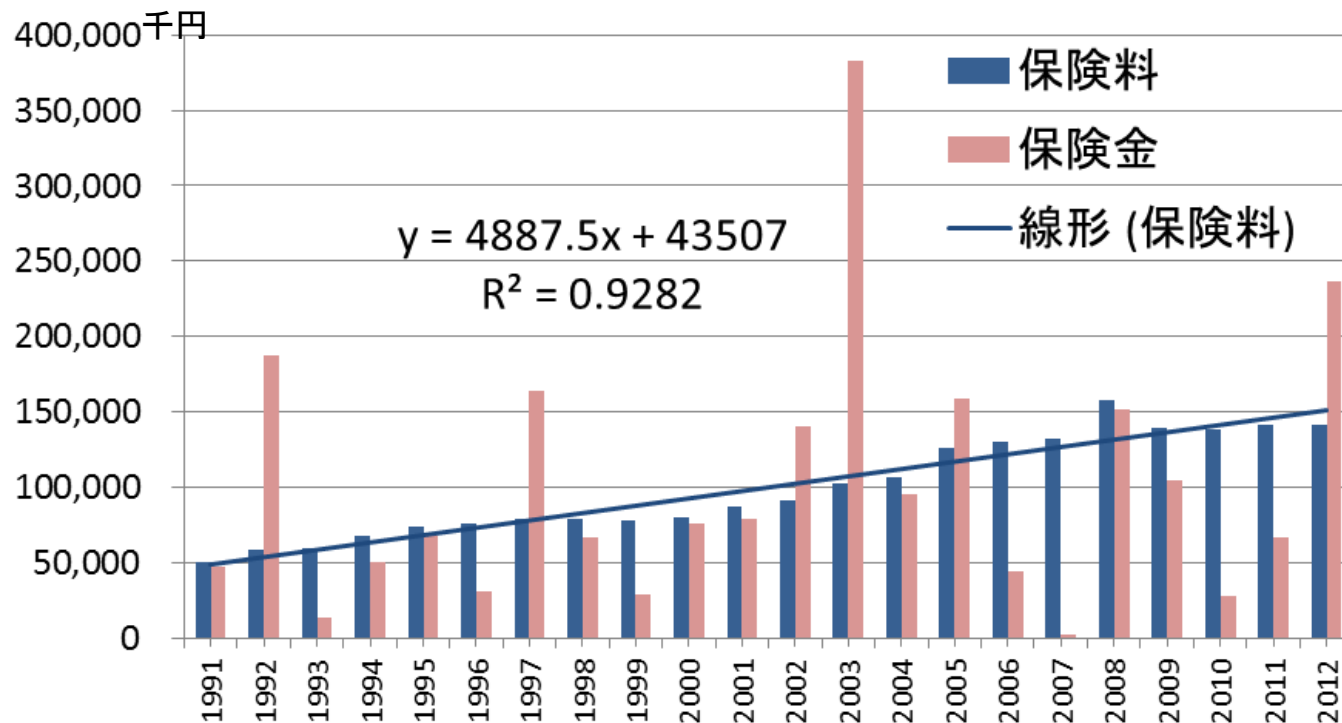
損害(災害復旧事業費)1件あたりの費用負担の実態 (第三セクター鉄道)

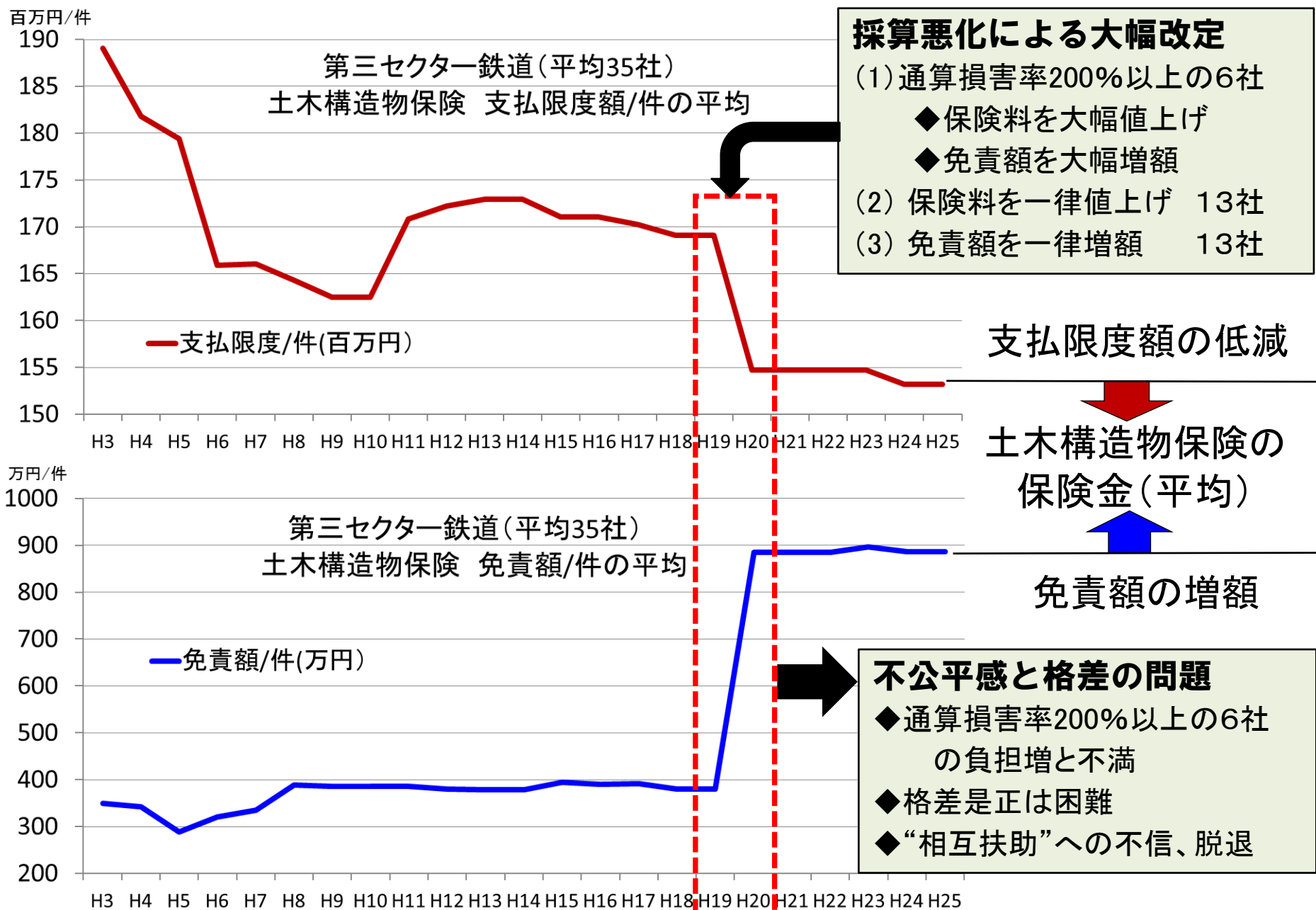
◆保険会社にとっての問題: **保険料**収入 < 支払**保険金** (通年で**赤字**)

◆鉄道事業者にとっての問題:

- ① **地震・津波は適用外**
- ② 保険料の高騰 (22年で約3倍に値上がり)
- ③ 保険金の縮小 (免責額の引き上げ、支払限度額の縮小等)

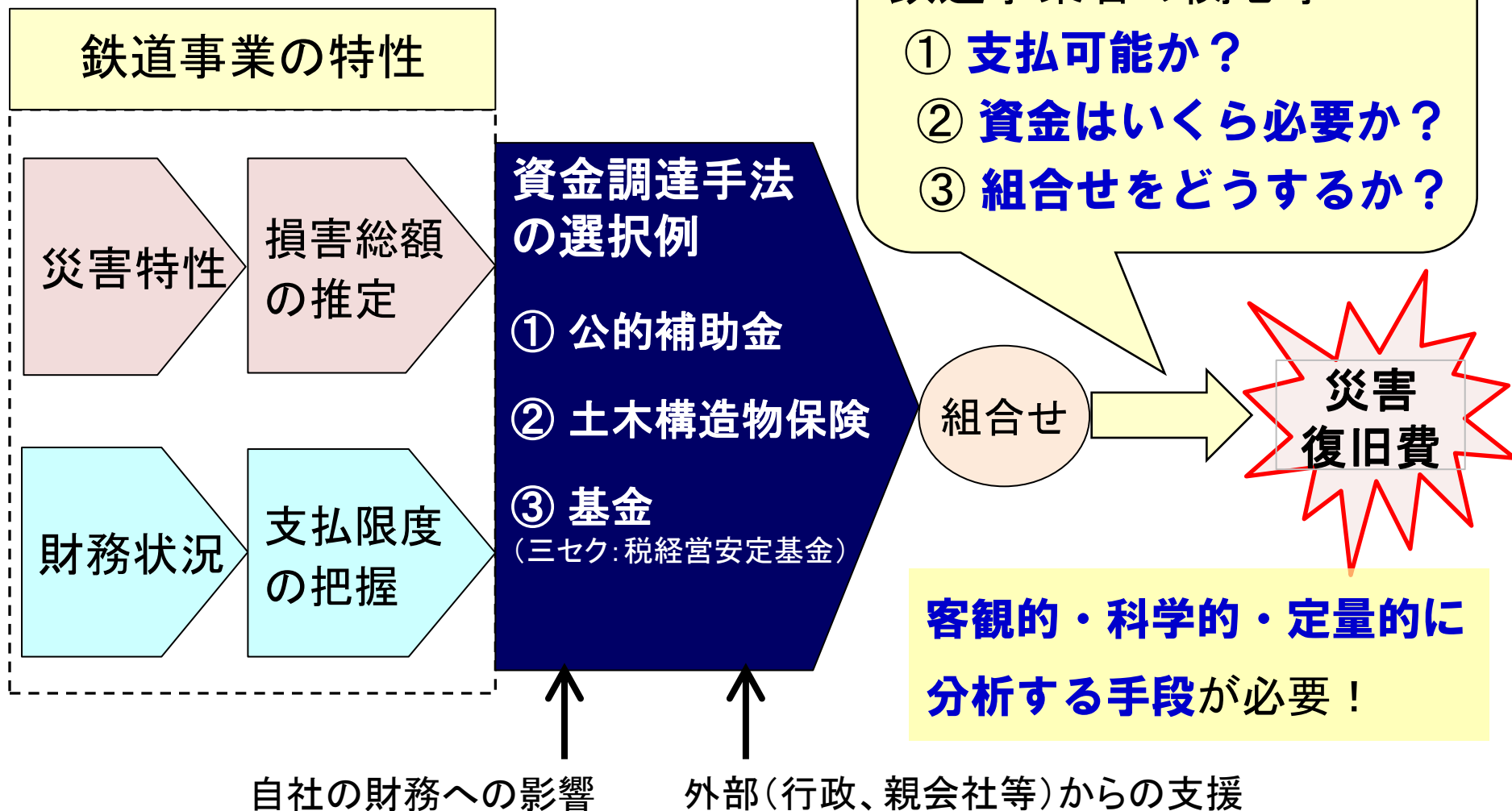
→ **保険本来の機能が果たせなくなっている**





3. 風水害RFの実証分析

3-1 風水害RFに資する破産確率の概要



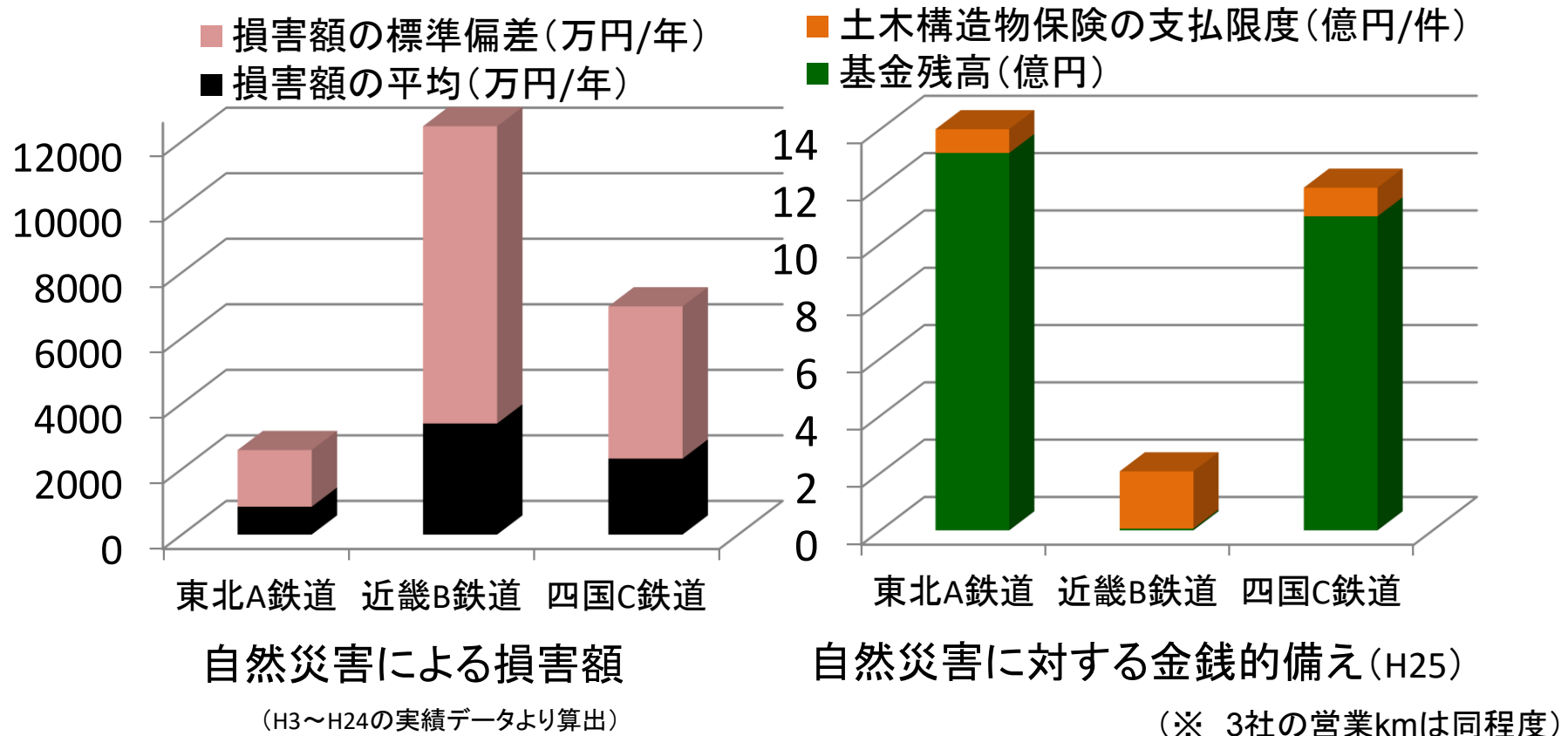
鉄道事業における自然災害RFの検討フレーム(案)

◆ 損害額(左図)と金銭的備え(右図)は、鉄道事業者ごとに大きく異なる。

◆ **合理性を欠く金銭的備えの実態**が見受けられる。

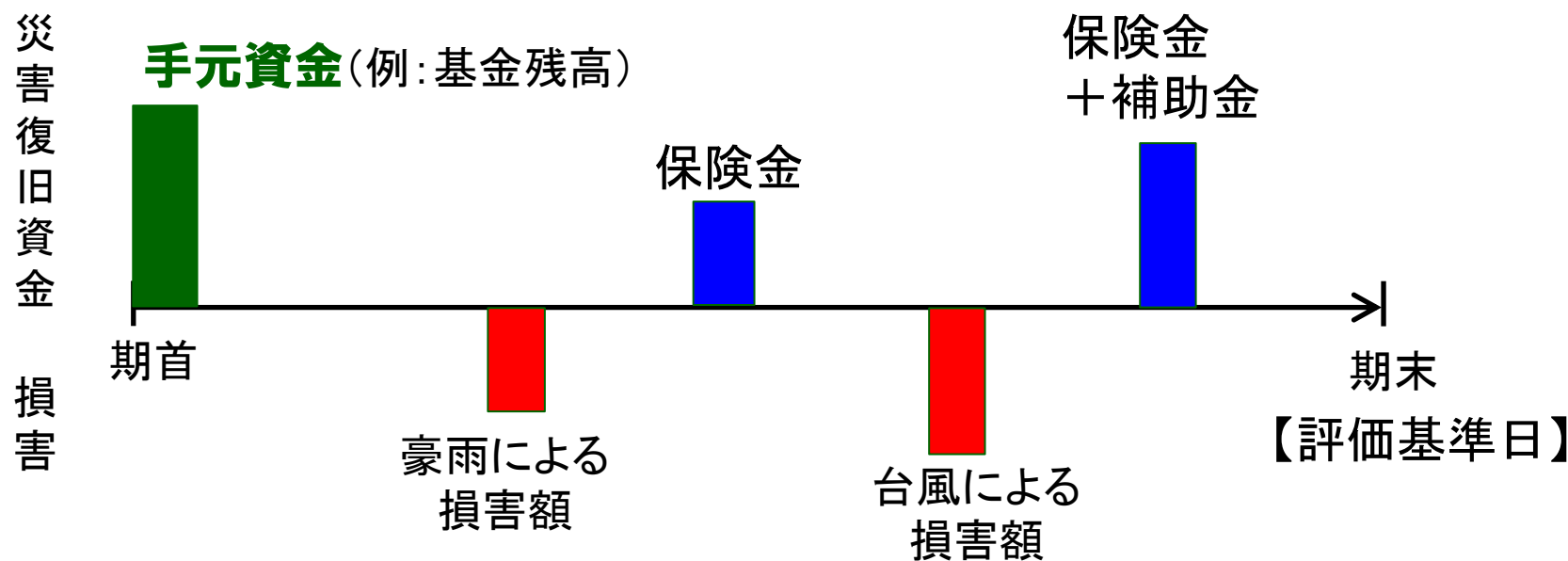
(例) A鉄道: 損害実績は最小だが、金銭的備えは最大

B鉄道: 損害実績は最大だが、金銭的備えは最小



■年度単位の収支モデル

災害復旧資金		—	損害総額	=	期末の 資金余力
期首の 手元資金	年度内に調達可能な 追加資金				



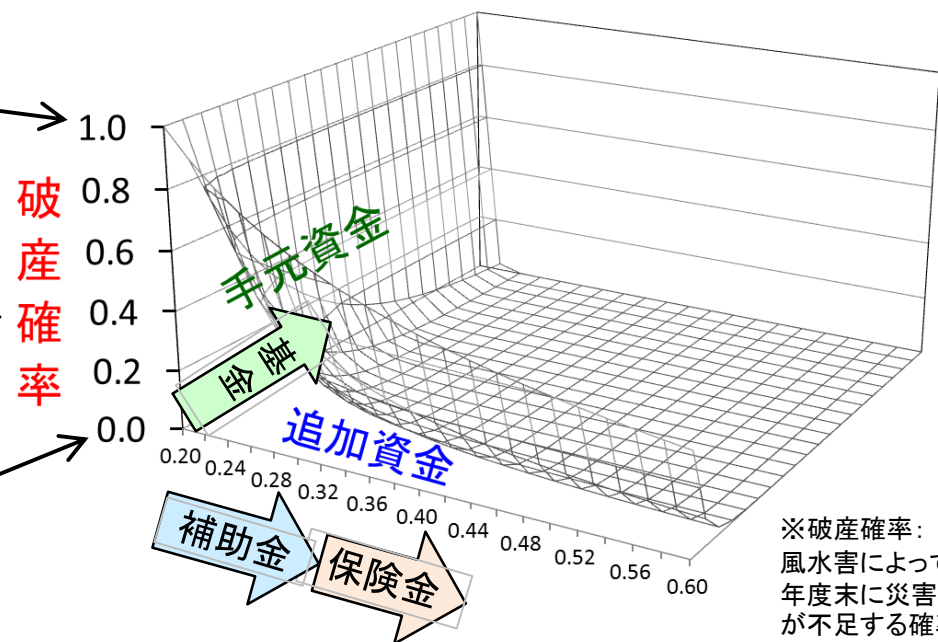
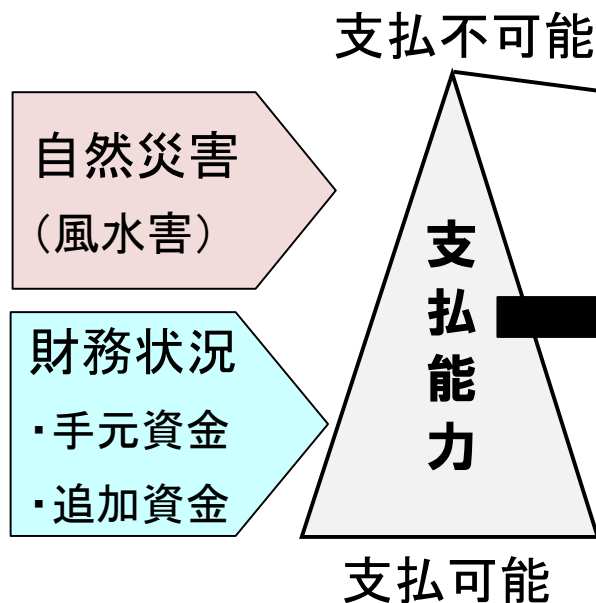
■破産確率とは、**期末に災害復旧資金が不足する確率**

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

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

- ・鉄道事業者：全国の第三セクター鉄道（右図）
- ・観測期間：1991～2012（H3～H24）年度の22年間
- ・データ：災害復旧費、経営安定基金、土木構造物保険
- ・本データの利点：

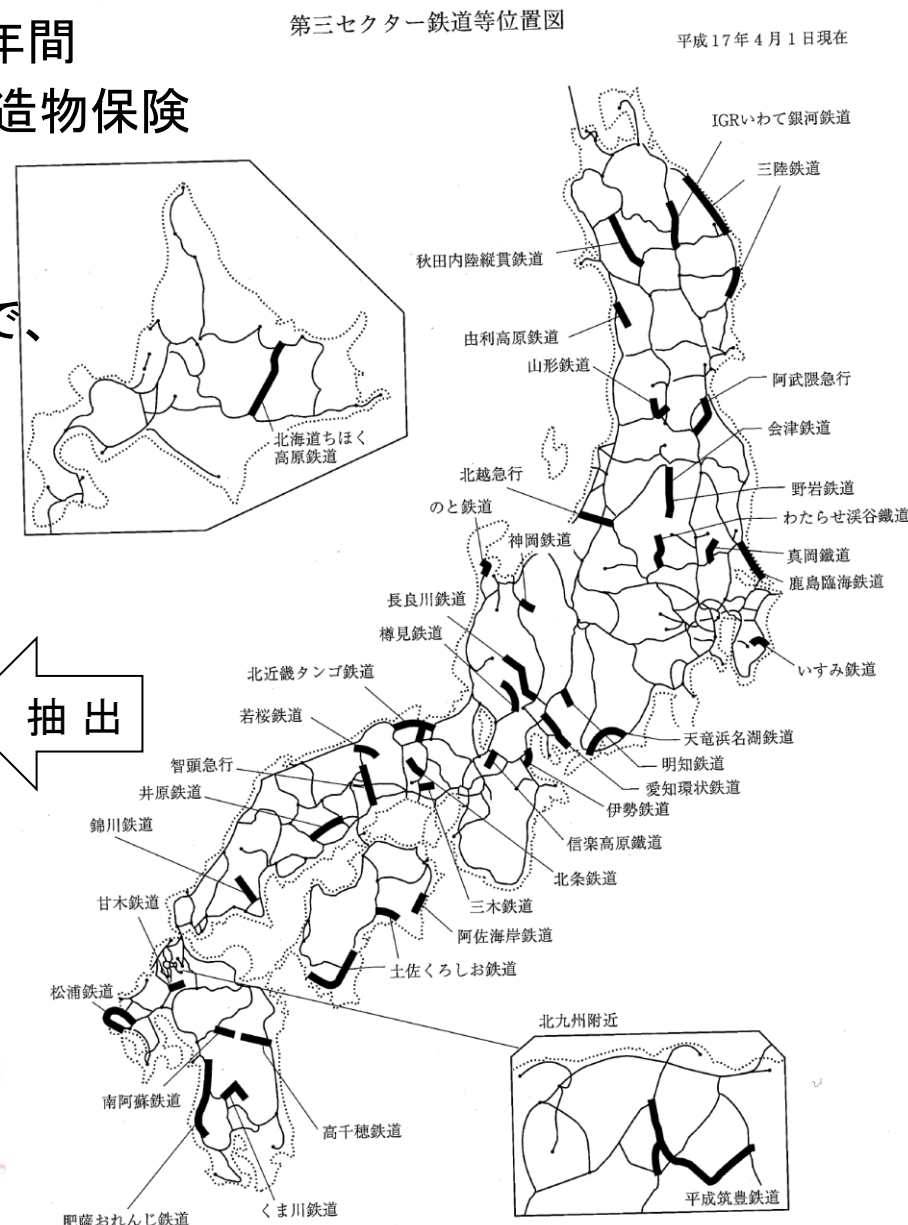
- ① **全国的な傾向**を調べることができる
- ② 災害対策工事*をほとんど行っていないので、**損害発生之母集団特性がほぼ同一条件**

■分析対象：11社（左図）

- ・地理的条件
 - ・災害実績
 - ・財務状況
- などの多様性を考慮して抽出



分析対象（11社）

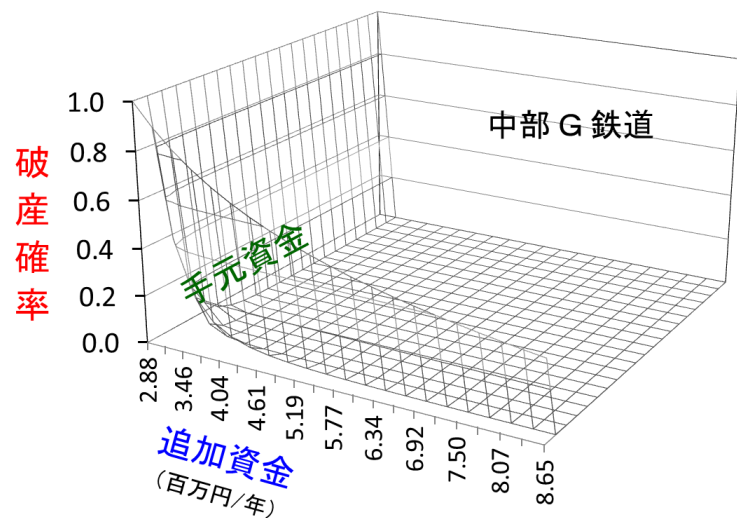
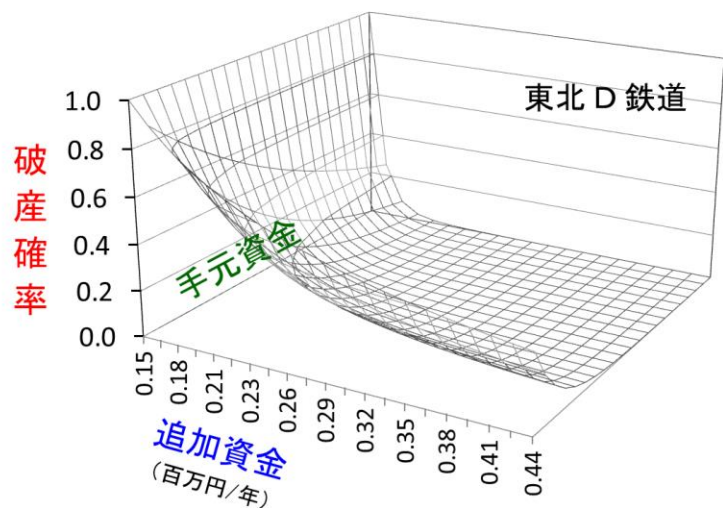


第三セクター鉄道等位置図

平成17年4月1日現在

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

数式※

◆災害特性

λ : 災害件数/年のパラメータ

μ : 損害金額/件のパラメータ

◆財務状況

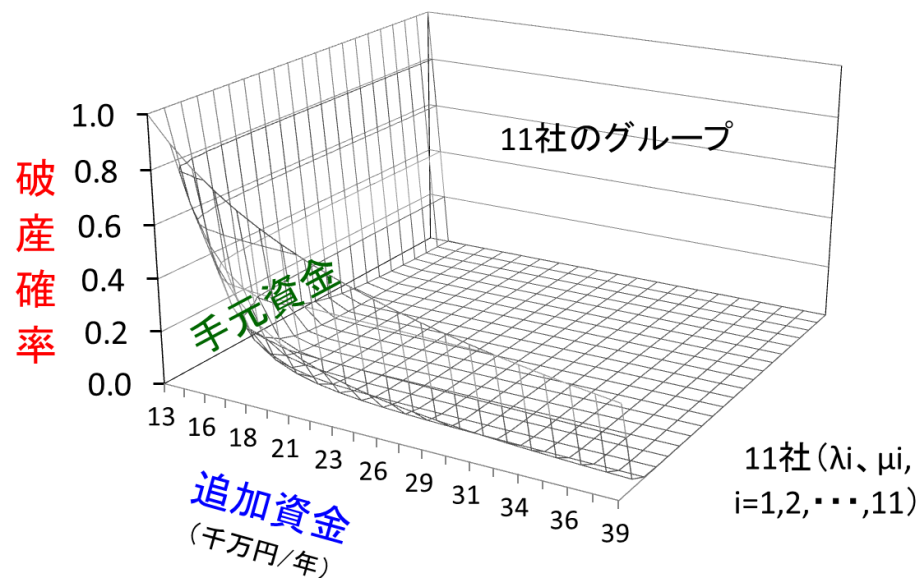
手元資金 + 追加資金

【利点】

災害特性や財務状況の変動に応じて、
支払能力の変化を数理的に分析可能

複数事業(資金を共有)の破産確率

(各社の災害特性と財務状況を反映)

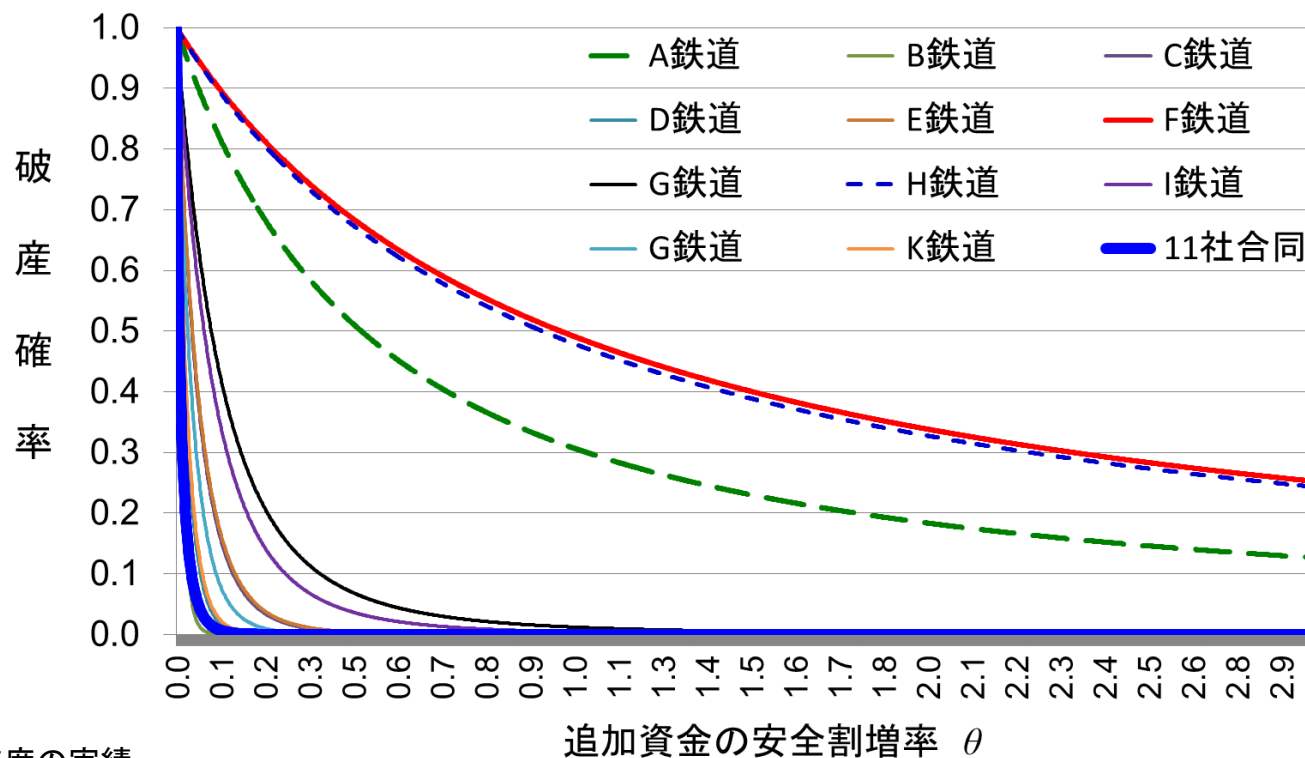


(1) 下図の分析結果から把握できること

- ① 11社合同の場合、スケールメリットにより破産確率が大幅に低下
- ② 任意の安全割増率 θ に対して、A, F, Hの破産確率は他社より非常に高い。

(2) 上記(1)をふまえた問題の早期発見、有効な対策の検討

- ① A, F, Hには、災害リスクが大、手元資金が少などの問題があると考えられる。
- ② 経営の安定化には、保険金支払限度の引上、手元資金確保などの対策が必要



(データ) 2013年度の実績

(作成) 大堀勝正

※追加資金 = $(1+\theta) \times (\text{損害総額の期待値})$

(C) Dr. Katsuya OHORI, Japan Transport Research Institute, 2017

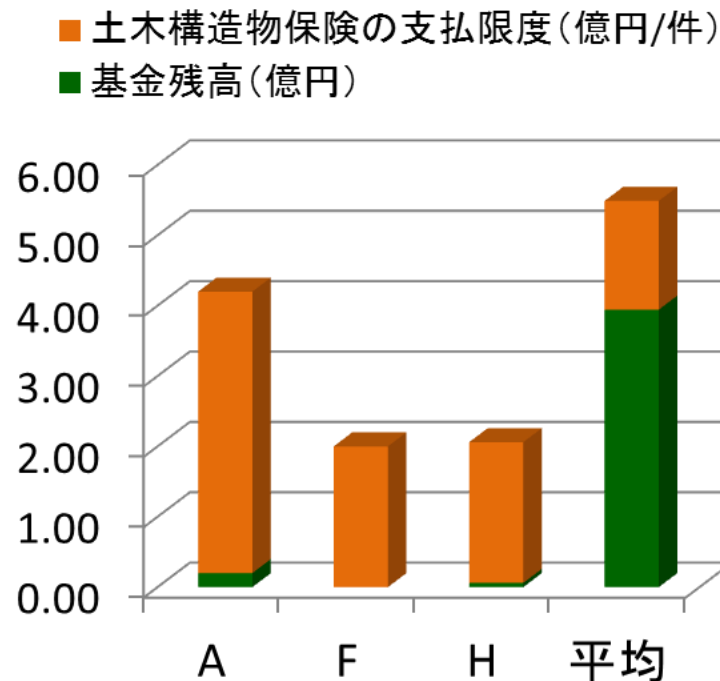
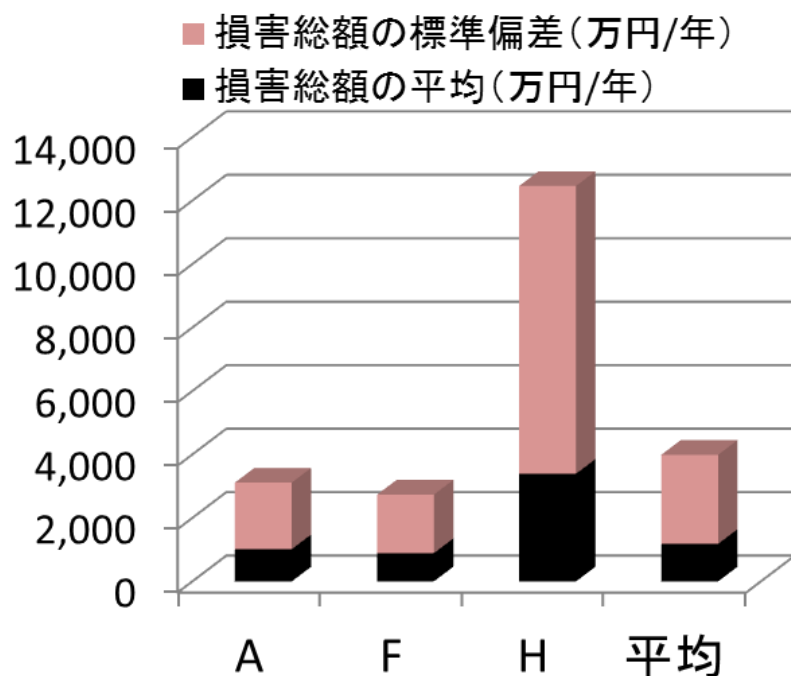
(1) 問題の早期発見

- ・Hは、11社の中で災害リスクが著しく高い(左図)。
- ・A、F、Hは、手元資金(基金残高)がほとんどない(右図)。
- ・A、F、Hでは土木構造物保険の支払限度額を11社平均の約2倍としているが、**手元資金がほぼ0であることが最大の問題**であると考えられる。

(2) 3社(A、F、H)の対策検討

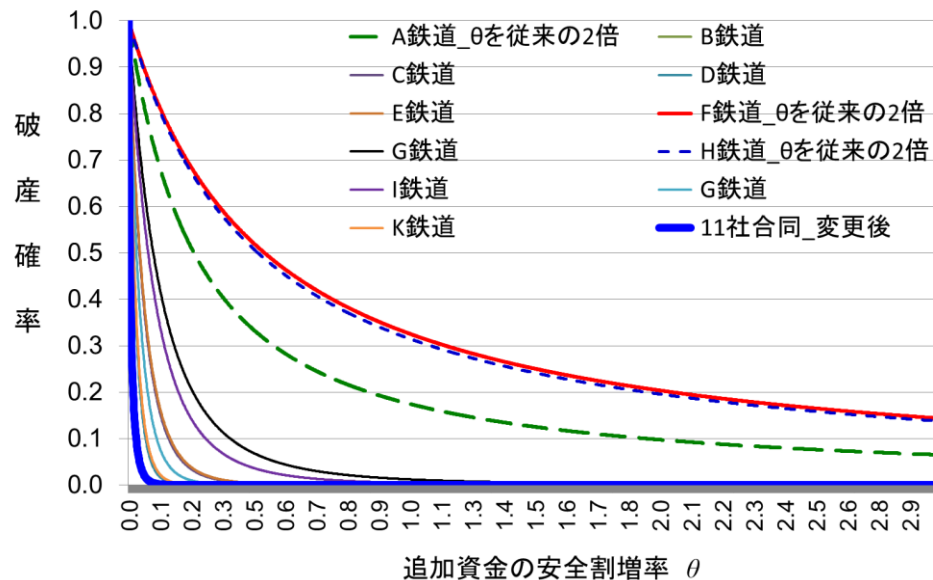
【短期対策】 保険の支払限度額を引上げ (ただし、保険料は高くなる)

【中長期対策】 手元資金の確保 (計画的な積立など)

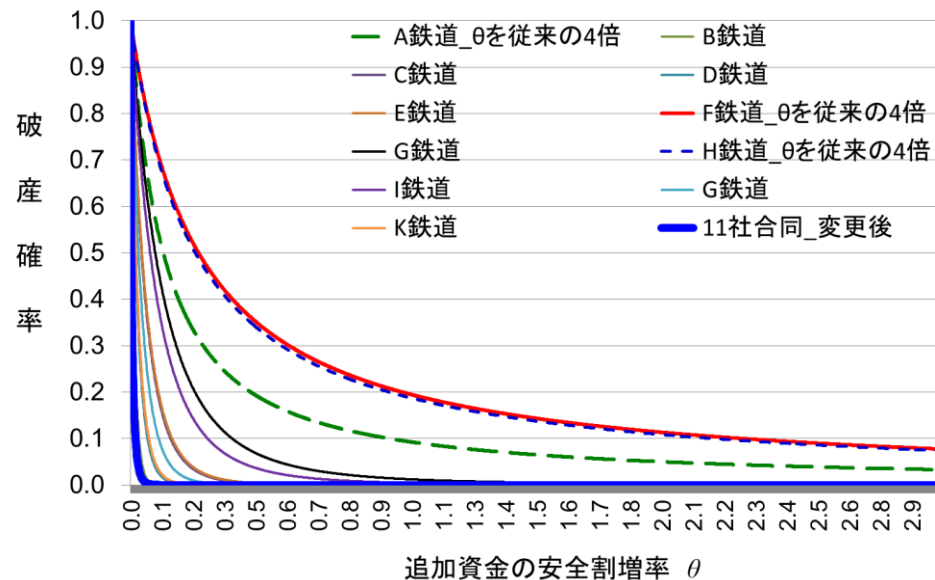


会社	FY2012以前の 実績	FY2013実績 (θ を追加資金＝保険金 支払限度額とした場合)	<2倍案> 安全割増率 θ を 2013実績の2倍	<4倍案> 安全割増率 θ を 2013実績の4倍
A鉄道	FY1998以前1億円/件 FY1999以後4億円/件	4億円/件	7.9億円/件	15.7億円/件
F鉄道	2億円/件を継続	2億円/件	3.9億円/件	7.7億円/件
H鉄道	FY2007以前4億円/件 FY2008以降2億円/件	2億円/件	3.7億円/件	7億円/件

追加資金 = $(1 + \theta) \times (\text{損害総額の期待値})$ において、
他社と整合を図るためには、「**4倍案**」以上の保険金が必要



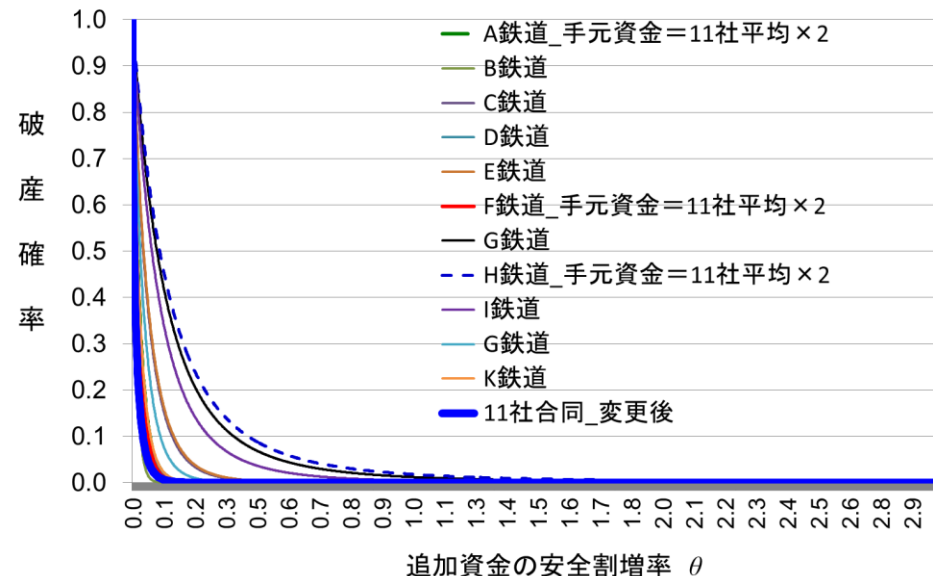
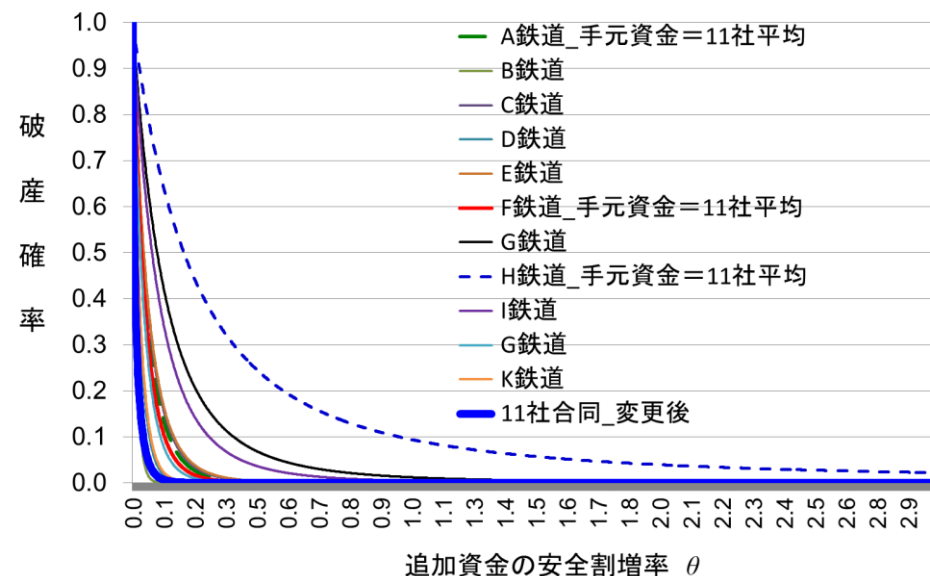
(作成)大堀勝正



会社	FY1991(H3) 期首の 基金残高	FY2013(H25) 期首の 基金残高	＜FY2013平均額＞ FY2013期首の 11社基金平均額	＜FY2013平均の倍額＞ 左記の倍額
A鉄道	約13億円	0.2億円	3.94億円	7.88億円
F鉄道	0億円	0億円	3.94億円	7.88億円
H鉄道	約16億円	0.06億円	3.94億円	7.88億円

他社との整合を規準にすると、次の手元資金を確保する必要がある。

A鉄道＝4～6億円、F鉄道＝4～5億円、H鉄道＝7～8億円



＜3社の手元資金＝FY2013平均額＞

＜3社の手元資金＝FY2013平均の倍額＞

(1) 短期対策: 土木構造物保険の支払限度額引き上げ

会社	FY2012以前 の実績	FY2013 の実績	・他社との整合 ・保険料負担 を考慮した検討結果	備 考
A鉄道	FY1998以前1億円/件 FY1999以後4億円/件	4億円/件	15.7億円以上/件	手元資金の増加に応じて減額し、保険料を節減
F鉄道	2億円/件を継続	2億円/件	7.7億円以上/件	同上
H鉄道	FY2007以前4億円/件 FY2008以降2億円/件	2億円/件	7億円以上/件	同上

(2) 中長期対策: 手元資金として確保すべき金額

会社	FY1991(H3)期首 の基金残高	FY2013(H25)期首 の基金残高	他社との整合を規準 とした手元資金額	10年で積立てる場合 の年平均積立額
A鉄道	約13億円	0.2億円	4～6億円	約5,000万円/年
F鉄道	0億円	0億円	4～5億円	約4,500万円/年
H鉄道	約16億円	0.06億円	7～8億円	約7,500万円/年

■経営安定基金の 全国平均残高

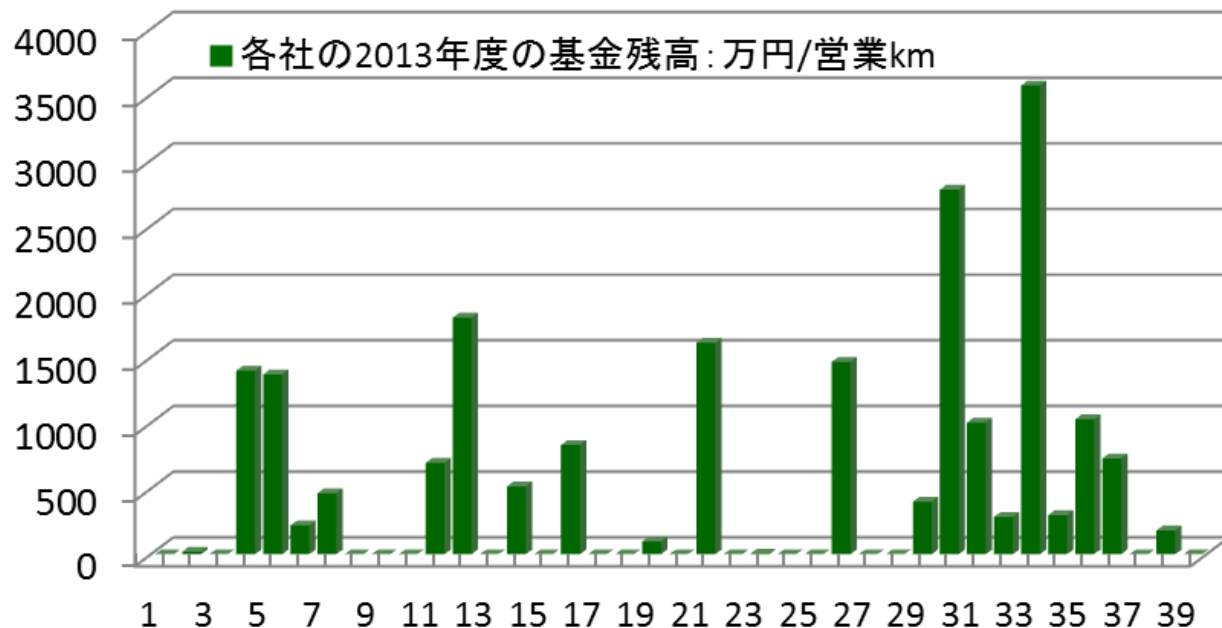
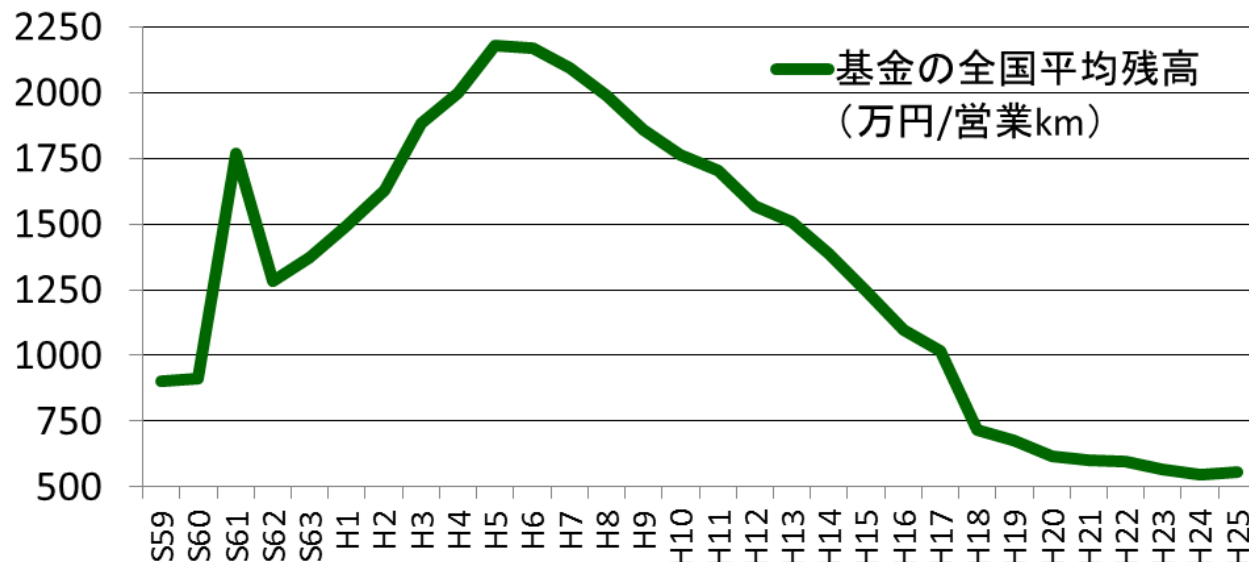
- ・H5から急激に減少
- ・H25時点で
全国平均
約500万円/営業km

【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)

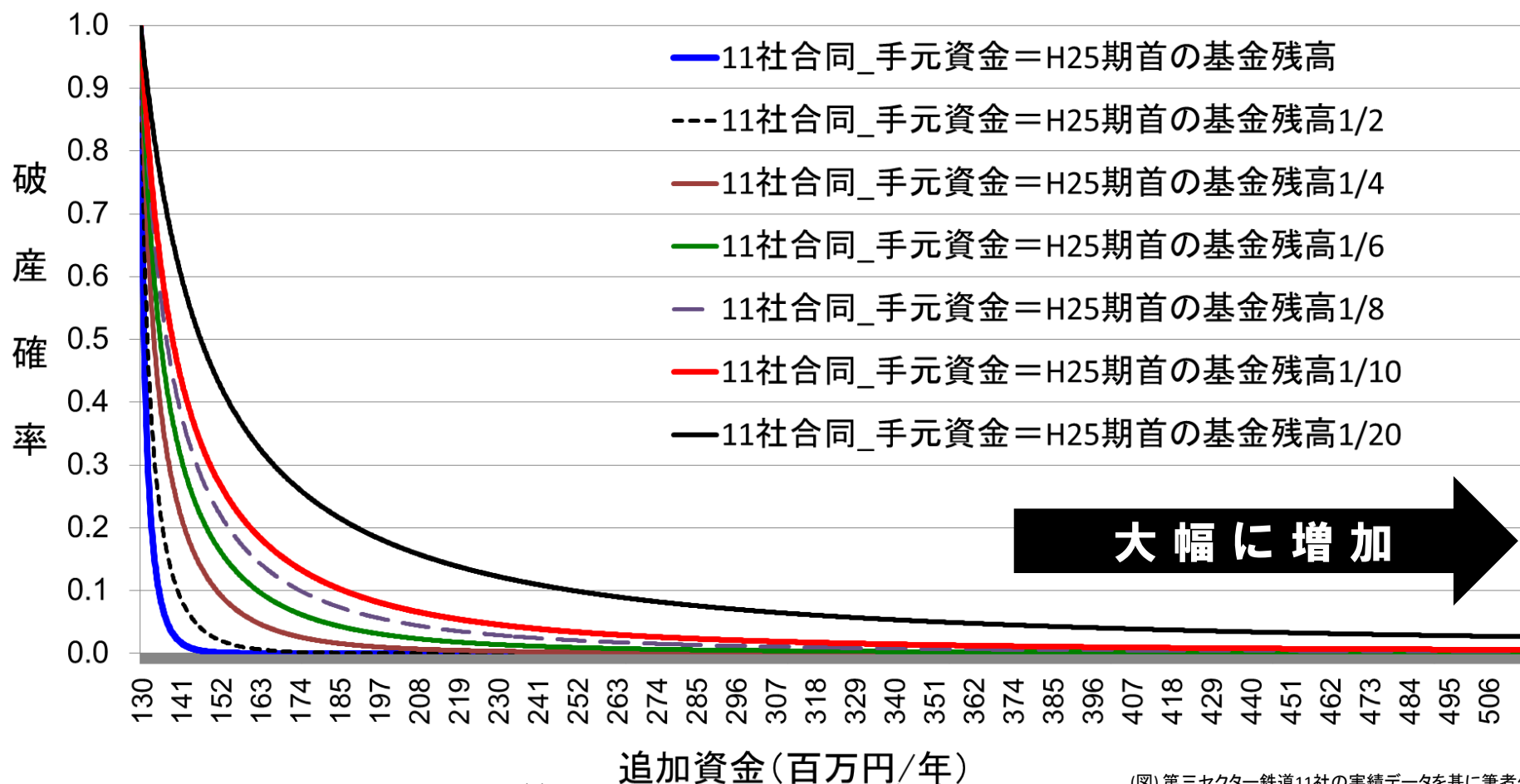


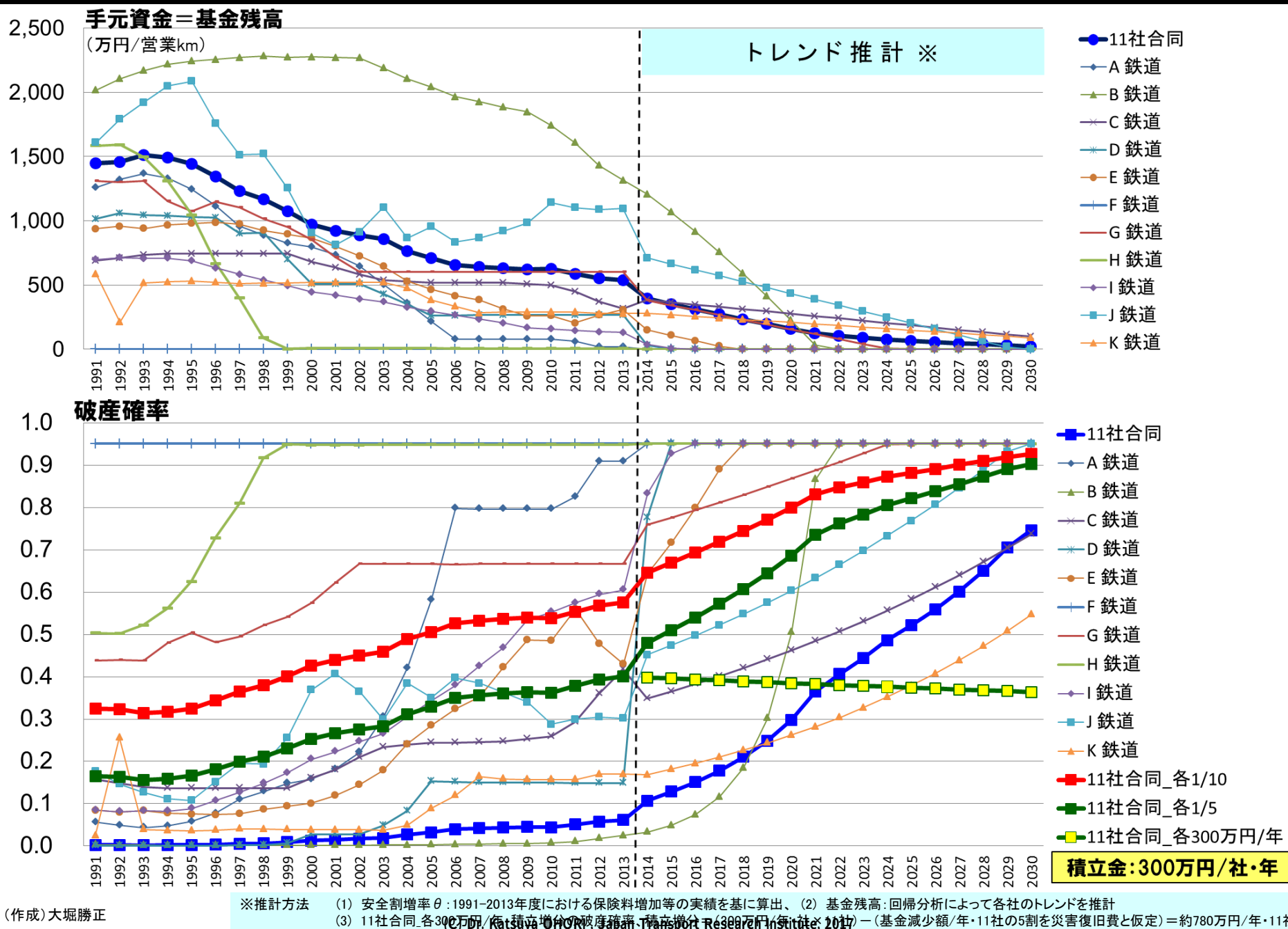
◆追加資金は、破産確率0付近で急増する。

◆**手元資金が減少すると、毎年必要となる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) 風水害RFのポイントは、手元資金と追加資金の適切なバランス

- ① **手元資金の確保は極めて重要**
- ② 災害特性と財務状況を考慮した適切な保険契約（特に支払限度額）

(2) 経営難の鉄道事業における風水害RFの対策案

① 短期対策と中長期対策を同時に行う

【短期対策】 土木構造物保険による破産の回避

【中長期対策】 **手元資金の確保**

→ 1社単独で行う場合、費用負担が大きく、かつ長期間を要する。

② 「災害復旧資金の共同化」が負担軽減と早期解決の両面で望ましい

→ 「費用負担の格差是正」が大きな課題

→ 破産確率による比較検討 → 費用負担の調整

(3) 災害復旧制度の対策案

- ① **公的補助の改善** （風水害の増加・激化、現場ニーズ等への対応）
- ② **土木構造物保険の改善** （公的補助とのバランス調整、加入者を増やす施策等）
- ③ **鉄道事業者の自己負担軽減**

→ **スケールメリットを活かした手元資金の拡充が望ましい**

（鉄道事業者と公的機関の双方にとって望ましい）

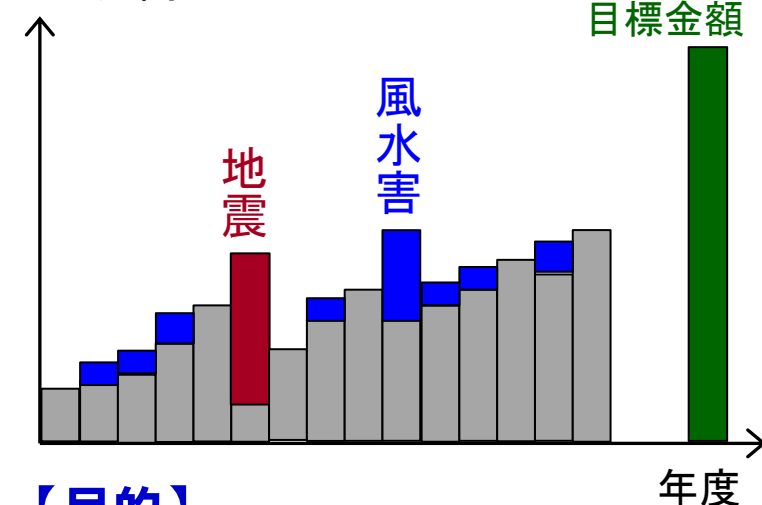
基金への拠出案

- ① 国
 - ・初期の原資を拠出
 - ・信用を付与
 - ・巨大災害時の特例措置
- ② 地方公共団体
 - ・原資の一部を拠出
 - ・災害復旧補助実績の一定割合を考慮
 - ・財務状況も考慮
- ③ 鉄道事業者
 - ・被災実績や将来予測を基に積立金を拠出
 - ・運賃や経常利益等の一定割合を拠出
- ④ 有志
 - ・民間企業の寄付
 - ・鉄道利用者の寄付
 - ・沿線住民の寄付

基金の管理・運用

- ・独立会計
 - ・透明性の確保
 - ・被災年度内に支給
- ＜管理体制＞
鉄道・運輸機構などの公的機関等

基金残高



【目的】

リスク移転（補助や保険等）
できない自己負担の軽減

災害共済
積立基金

③ 共済金

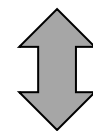


① 補助金

② 保険金

関連制度との連携・調整

(1) 災害復旧補助
(鉄道軌道整備法等)



補完関係

(2) 土木構造物保険

年度	鉄道事業者	鉄道事業における災害復旧制度
1986 (S61)	＜付帯決議の背景＞ 大規模な自然災害による復旧工事費や安全投資のための資金拠出が困難になることが予想されたため、政府にそのための財政措置を講ずるよう求めたものである。	国会 参議院 国鉄改革に関する特別委員会 法案可決に当たって行われた付帯決議 二、 各旅客鉄道株式会社及び日本貨物鉄道株式会社の輸送の安全の確保及び災害の防止のための施設の整備・維持、 水害・雪害等による災害復旧に必要な資金の確保について特別の配慮を行うこと。 （自由民主党、日本社会党・護憲共同、公明党・国民会議、民社党・国民連合及び新政クラブの各派共同案として決議）
1985～ 1989	第三セクター鉄道等協議会の加盟会社 台風被害（約1.43億円）	
1990(H2)	第三セクター鉄道等協議会	災害復旧助成制度を運輸省、清算事業団に強く要請
1990(H2)	JR九州 集中豪雨の被害 推定50億円 JR九州単独では豊肥本線の復旧は困難	熊本県、大分県、沿線市町村他が国に財政措置を強く要請 国会 衆議院 災害対策特別委員会で審議
1991(H3)		運輸省 自然災害補助費を予算計上
1991(H3)	JR九州（豊肥本線）に災害復旧補助	「鉄道軌道整備法施行令及び同法施行規則」の一部改正（補助要件の緩和、補助率：1/5 → 1/4）
1991(H3)	多くの鉄道事業者が同保険に加入 （第三セクター鉄道等協議会は団体契約）	補助金交付後の不足額を支払うことを前提に 土木構造物保険 を創設
1991(H3)	第三セクター鉄道等協議会 自助努力として「災害共済基金」を創設 ・各社100万円を拠出	
2000 (H12)	第三セクター鉄道等協議会 ・「災害共済基金」を廃止 ・拠出金を各社に返還	土木構造物保険が運用開始から10年

4. まとめ

グレーゾーンの問題	解決案 / 今後の課題
(1) 損害リスクの認識不足 (例) 損害額の想定、 間接被害の想定	◎損害額（復旧事業費）の推計 ▲間接被害の推計 ・データがあれば、過去の傾向から推計可能
(2) 金銭的備えが不十分 (例) 保険料の削減 手元資金の枯渇	◎1事業の風水害RF分析 ◎複数事業の風水害RF分析 （昨年は近似計算、今年は正確な数値計算） → 比較検討に基づく費用負担の調整 → スケールメリットの効果分析 → 風水害RFの将来推計、計画策定
(3) 災害復旧制度の問題 (例) 鉄道軌道整備法 土木構造物保険	＜手元資金の拡充策＞ ■災害共済積立基金 → 自己負担の軽減 ＜追加資金の拡充策＞ ■鉄道軌道整備法の改善 ▲土木構造物保険の改善

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、三陸鉄道、多くの鉄道事業者様
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