

鉄道事業における 自然災害リスク・ファイナンスに関する研究 — 破産確率とその活用 —

報告会 発表資料

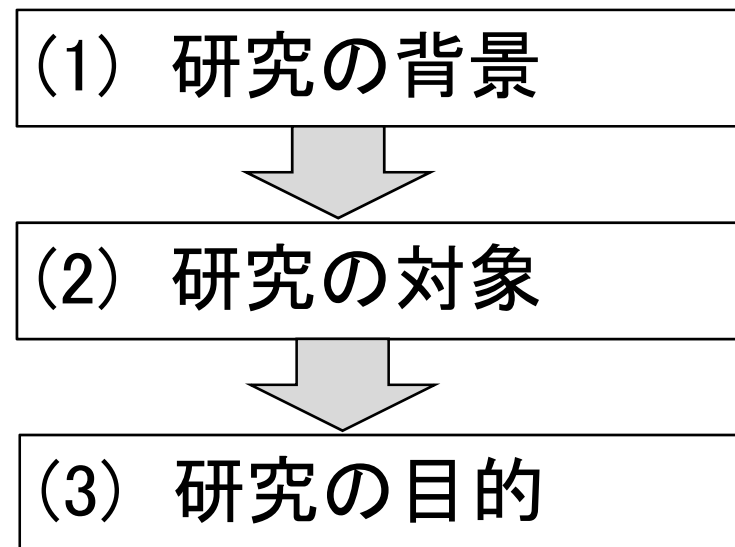
2015年6月3日



大堀 勝正

1. 研究の背景と目的.....	3
2. 災害復旧の資金調達に係る問題とニーズ.....	9
3. 資金調達の効果分析手法の提案.....	16
4. 破産確率を用いた資金調達の実証分析例.....	26
5. まとめ.....	34
5-1 主要な成果.....	35
5-2 今後の課題.....	39

1. 研究の背景と目的



自然災害が契機となって廃止された鉄道

番号	廃止年	廃止時事業者	路線名	都道府県	区 間	廃止理由
1	1923	熱海鉄道	熱海鉄道	静岡県	小田原～熱海	関東大震災
2	1950	宮城バス	仙北鉄道	宮城県	築館～瀬峰	1949年 キヤサリン台風等
3	1953	羽後交通	横荘鉄道	秋田県	二井山～老方	水害による路線荒廃
4	1953	大分交通	豊州線	大分県	豊前善光寺～豊前二日町	1951年 大風
5	1955	南海電気鉄道	北島支線	和歌山県	和歌山市～北島	1950年 ジェーン台風
6	1956	仙台鉄道	仙台鉄道	宮城県	北仙台～加美中新田	1950年 風水害等(※)
7	1958	当別町	当別町営軌道	北海道	当別～大袋	1954年 洞爺丸台風
8	1960	草軽電気鉄道	草軽電気鉄道	長野県	新軽井沢～上州三原	1959年 台風7号等
9	1961	三重交通	神都線	三重県	伊勢市駅前～内宮前等	1959年 伊勢湾台風
10	1962	軽草電気鉄道	軽草電気鉄道	長野県	上州三原～草津温泉	1959年 台風7号等
11	1962	宮崎交通	宮崎鉄道	宮崎県	南宮崎～内海	1962年 土砂崩れ
12	1962	静岡鉄道	秋葉線	静岡県	可睡口～可睡	1944年 東南海地震
13	1963	上田交通	西丸子線	長野県	下之郷～西丸子	1961年 豪雨
14	1964	大分交通	国東線	大分県	安芸～国東	1960年 集中豪雨
15	1965	山鹿温泉鉄道	山鹿温泉鉄道	熊本県	植木～山麓	1957年 大水害等
16	1965	一畑電気鉄道	立久恵線	島根県	出雲市～出雲須佐	1964年 大水害
17	1965	鹿児島交通	知覧線	鹿児島県	阿多～知覧	1965年 水害(※)
18	1967	国鉄	柚木線	長崎県	左石～柚木	1967年 集中豪雨
19	1968	豊橋鉄道	田口線	愛知県	本長篠～三河田口	1965年 台風24号
20	1969	南部鉄道	南部鉄道	青森県	尻内～五戸	十勝沖地震
21	1972	寿都鉄道	寿都鉄道	北海道	黒松内～寿都	1968年 豪雨(※)
22	1974	東濃鉄道	駄知線	愛知県	土岐市～東駄知	1972年 豪雨(※)
23	1975	静岡鉄道	清水市内線	静岡県	港橋～横砂	1974年 豪雨
24	1976	近畿日本鉄道	八王子線	三重県	西日野～伊勢八王子	1974年 集中豪雨
25	1984	鹿児島交通	枕崎線	鹿児島県	伊集院～枕崎	1983年 集中豪雨
26	1984	松本電鉄	上高地線	長野県	新島々～島々	1983年 台風
27	1987	北陸鉄道	金名線	石川県	白山下～加賀一の宮	1983年 洪水
28	2007	高千穂鉄道	高千穂鉄道	宮崎県	延岡～榎峰	2005年 台風14号
29	2008	高千穂鉄道	高千穂鉄道	宮崎県	榎峰～高千穂	2005年 台風14号
30	2014	JR東日本	岩泉線	岩手県	茂市～岩泉	2013年 土砂崩れ

(※)は一部インターネットの情報も参考としたもの

高千穂鉄道（第三セクター）の被災事例

5



(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

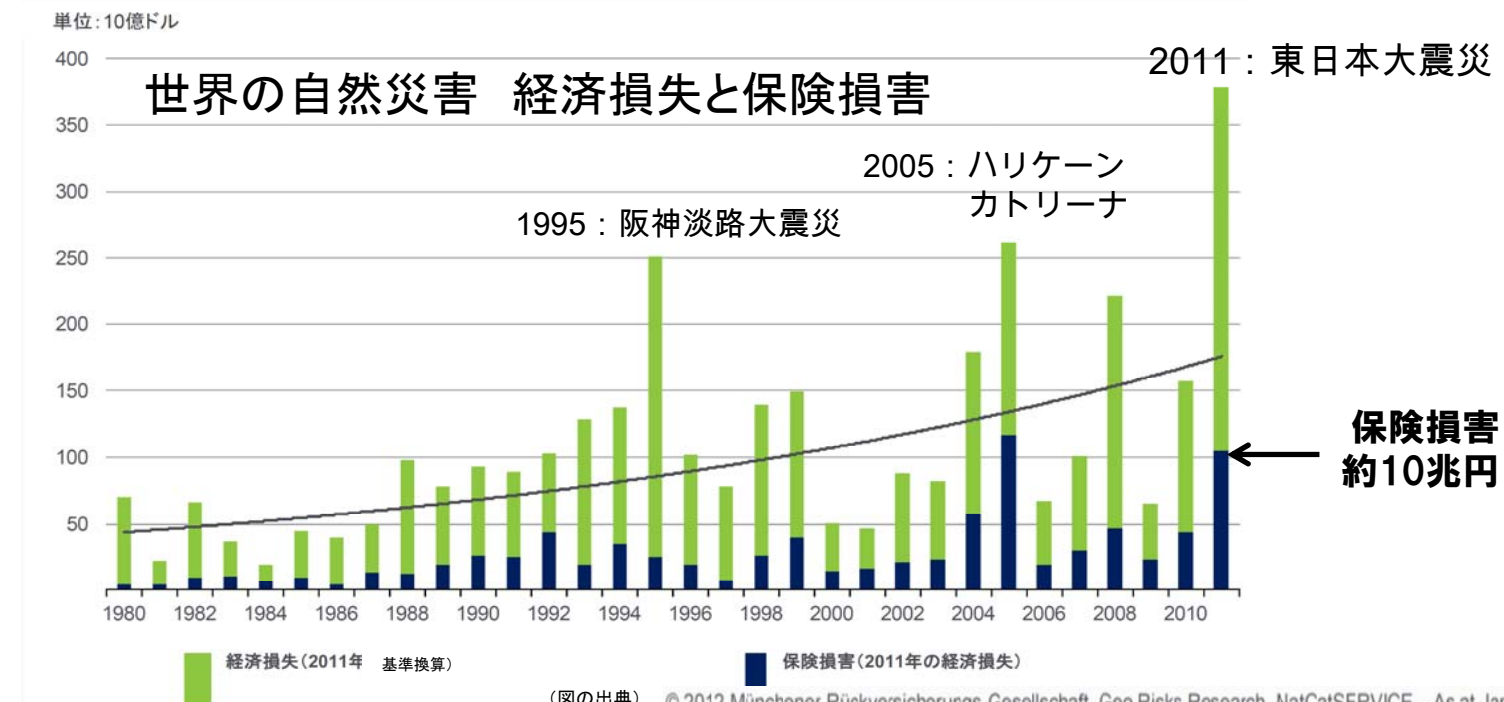
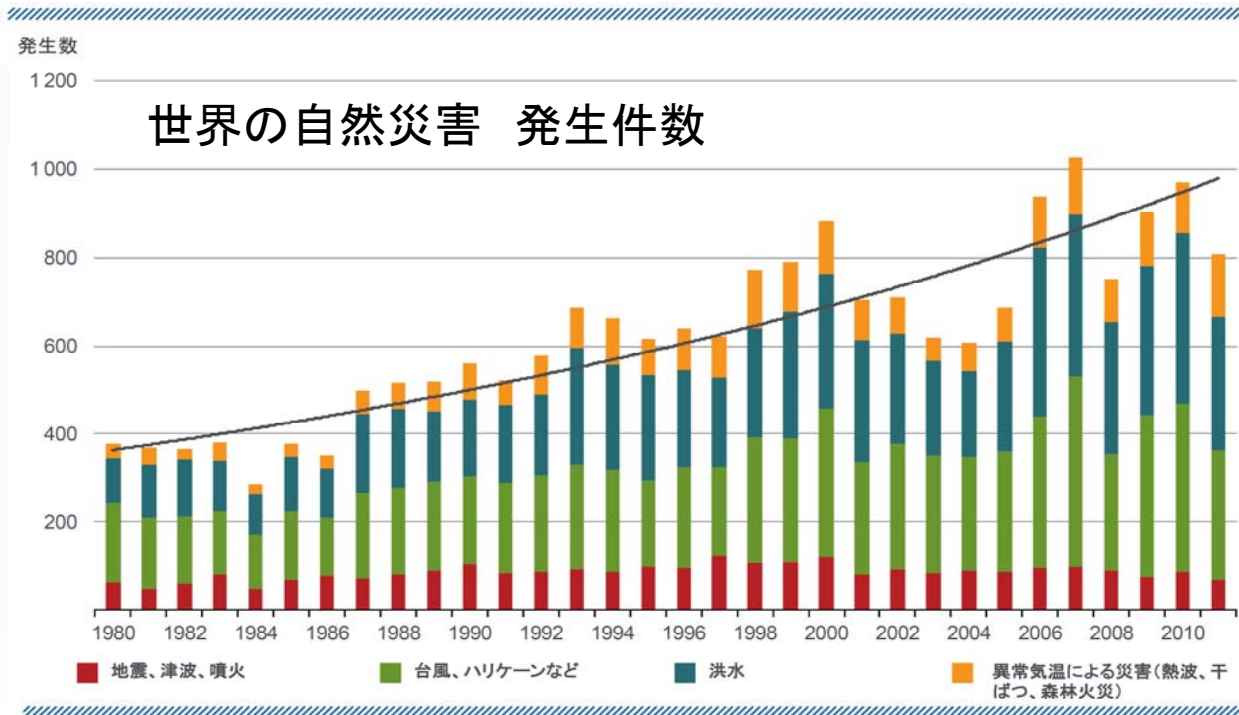
国 6.6億円	関係地方公共団体 6.6億円	土木構造物保険 支払限度 4億円	鉄道事業者 9.2億円
------------	-------------------	------------------------	----------------

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年実績)

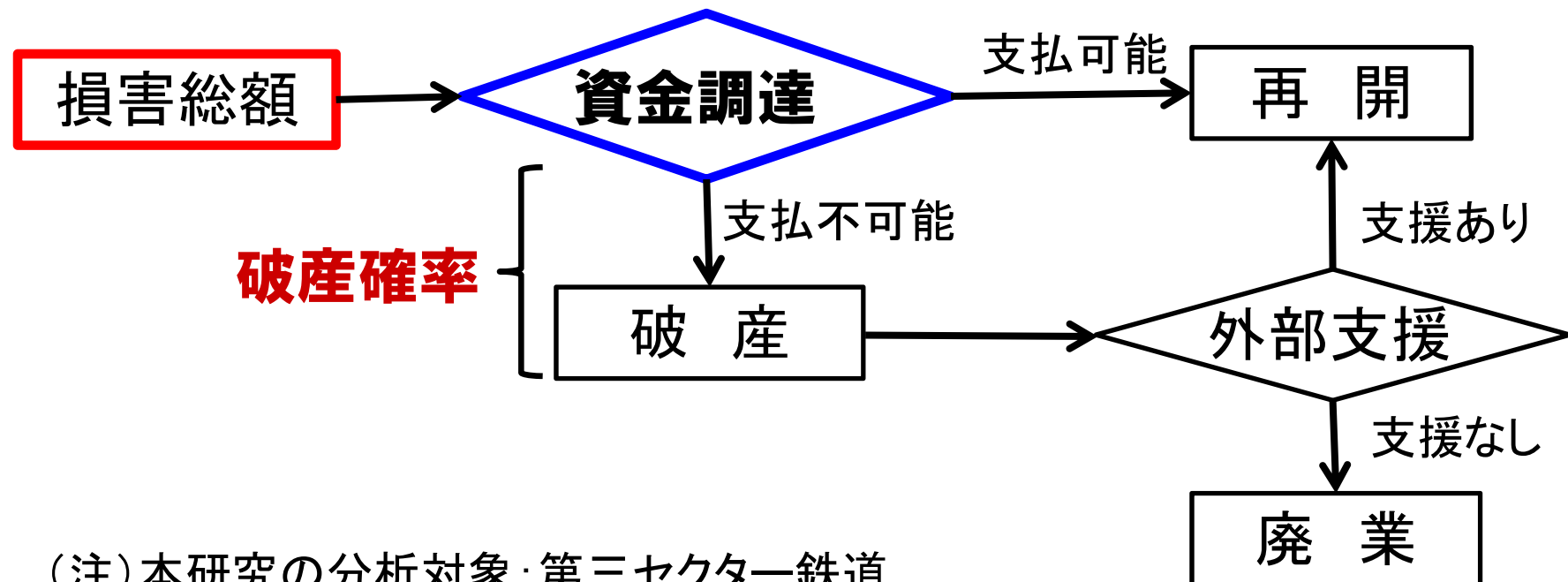
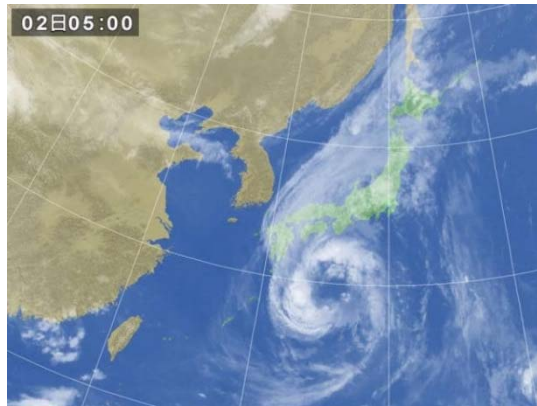
(出典) 第三セクター鉄道等協議会20年史、2005.

自然災害による損害は世界的に増加傾向



(図の出典) © 2012 Münchener Rückversicherungs-Gesellschaft, Geo Risks Research, NatCatSERVICE - As at January 2012

自然災害 → 鉄道会社の土木構造物等 → **損害** → **資金調達**



(注) 本研究の分析対象: 第三セクター—鉄道

鉄道事業における自然災害復旧に対して、

資金調達の安定に寄与する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）

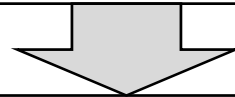
（目的）

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。

2. 災害復旧の資金調達に係る 問題とニーズ

(1) 各資金調達手段の問題

- ① 公的補助金
- ② 土木構造物保険
- ③ 基金(第三セクター鉄道)



(2) 鉄道事業者のニーズ

■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

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	
中小民鉄	国 1 / 4	鉄道事業者 3 / 4		
JR・ 大手民鉄	鉄道事業者			
注) 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				
(作成)大堀勝				

(作成)大堀勝正

基幹インフラの中で**鉄道の補助率は著しく低い**。

インフラ	① 通常の災害復旧負担補助	② 激甚災害 (激甚法による補助率嵩上)	③ 特定災害 特例(阪神、東日本)
港湾 (自治体管理)	○; 2/3～全額 (災害負担法)	○	○
港湾 (埠頭公社・会社等)	×	×	○
空港 (自治体管理)	○; 8/10 (空港法)	×	×
空港運営事業者 (成田等)	×; (出資, 無利子貸付による支援は可能)	×	×
空港ビル会社	×	×	×
鉄 道	○; 1/4 (鉄道軌道整備法)	×	○
道路 (自治体管理)	○; 2/3～全額 (災害負担法)	○	×
道路 (高速道路会社)	×; (無利子貸付による支援は可能)	×	×
河川 (自治体管理)	○; 2/3～全額 (災害負担法)	○	×
下水道	○; 2/3～全額 (災害負担法)	○	×
上水道	○; (国庫補助率は水道法、要綱)	×	○
公立学校	○; 2/3 (公立学校災害負担法)	○	×
私立学校	×	○	×
医療機関 (公立等)	○; 予算補助 (要綱)	×	○

【凡例】○: 補助あり、×: 補助なし

災害対策制度研究会: 新日本の災害対策、ぎょうせい、2008.、東日本大震災の特例措置を基に作成

◆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)

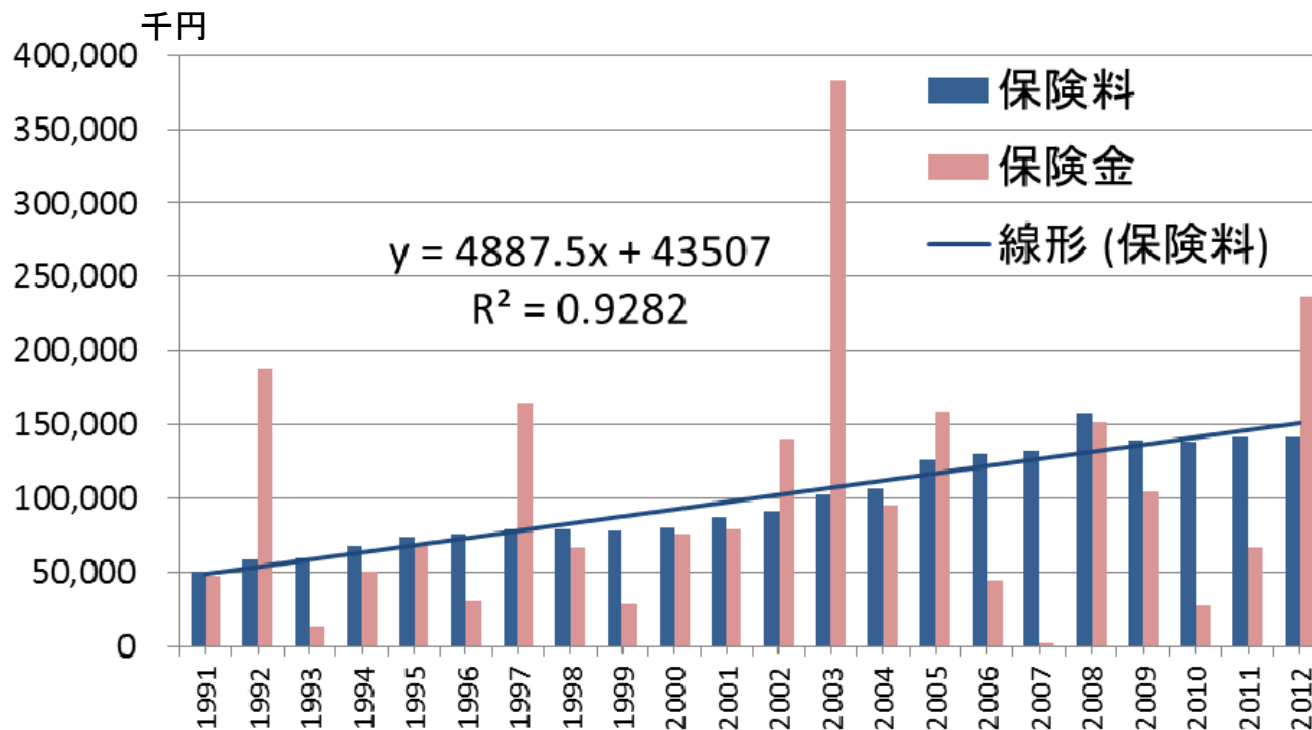
◆鉄道事業者にとっての問題:

① 地震・津波は対象外

② 保険料が当初の約5千万円/年から**平均で毎年約500万円ずつ値上がり**

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

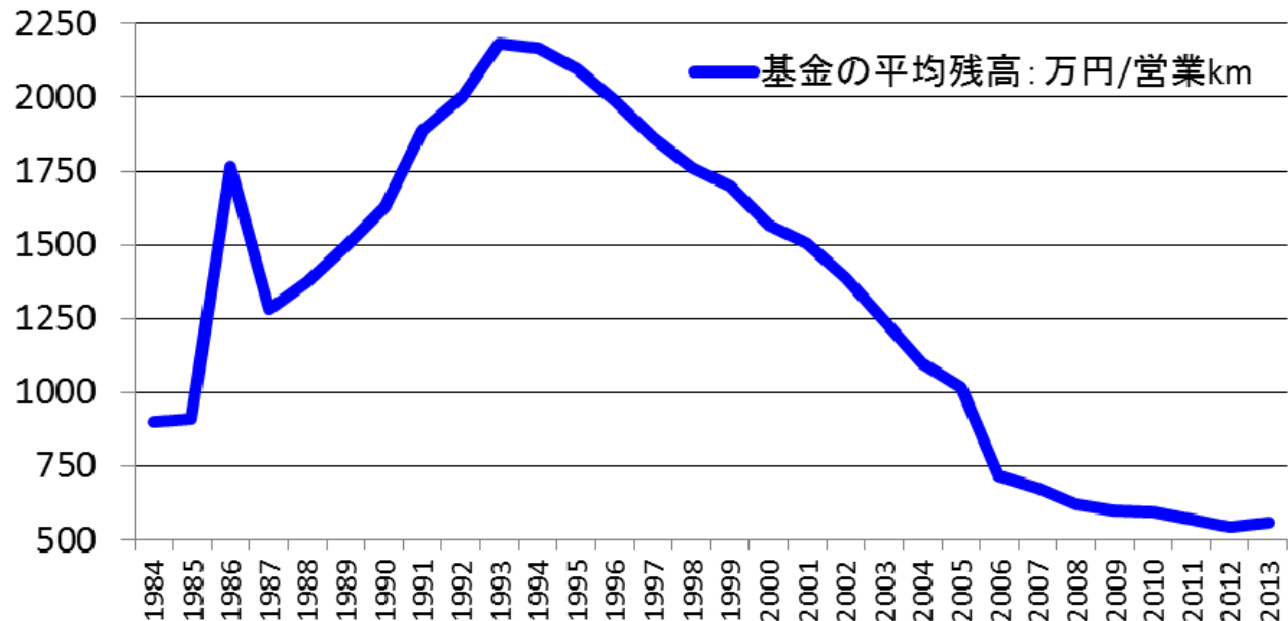


(図の出所) 第三セクター鉄道等協議会の提供データより大堀勝正が作成

■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

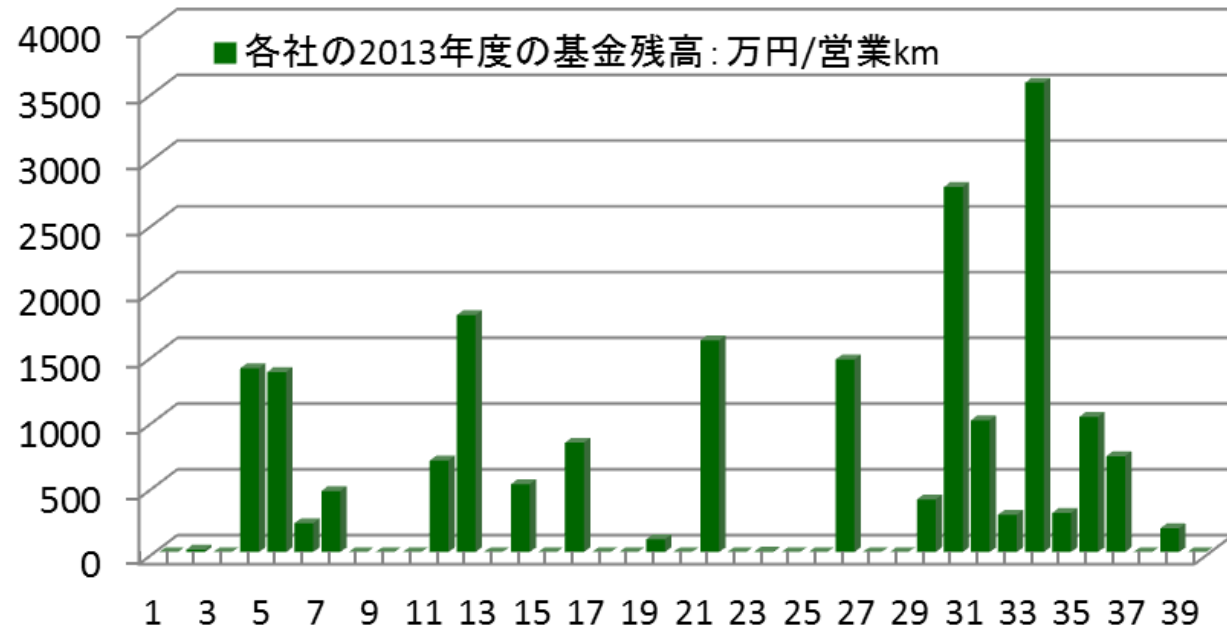
【参考】転換交付金の上限額
3000万円/営業km



■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
(手元資金がほとんど無い)



四国・九州

(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大堀勝正が作成

資金調達手段	調査結果の要旨	参照事例
公的補助金	◆補助要件が厳しい。 ◆国の補助金は不十分である。 ◆【三セク】沿線自治体の支援方針は一定ではなく、政治情勢に左右される。	高千穂鉄道 W社、C社 アンケート調査 (2008年) ヒアリング調査 (2014年)
土木構造物 保険	◆鉄道会社にとっての問題 ・地震・津波は対象外 ・保険料の高騰 ・不利な支払条件の変更（免責金額の引き上げ等） ◆保険会社にとっての問題 ・慢性的な赤字（収支相等の成立が困難）	W社、C社 第三セクター 鉄道等協議会 ヒアリング調査 (2014年) JR四国 保険会社
手元資金	◆被災直後には、早急にある程度の現金が必要 ◆三セクでは、基金が枯渇 約1/3の会社で、0円 約1/2の会社で、100万円未満/営業km	W社 第三セクター 鉄道等協議会 (2013年)
金融商品 (保険以外)	1) これまで新しい仕組みを考えていなかった。 （考える余裕がないという状況） 2) 実損の有無にかかわらず、ある程度の規模の現金をできるだけ速やかに手当てする仕組みを締結済	1)W社、C社 2)JR東日本 JR西日本

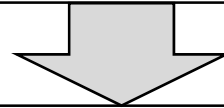
アンケート調査結果(2008年)、ヒアリング調査(2014年)等を基に大堀勝正が作成

	小規模災害 (数百万～数千万円)	中規模災害 (数千万～数億円)	大規模災害 (数十億円以上)
JR・ 大手民鉄		◆土木構造物保険 →特約で地震等にも対応	◆土木構造物保険 →特約で地震等にも対応 ■金融商品(保険以外) →東西JRで事例あり
中小民鉄	△自己資金 の拡充	○公的補助 →補助要件の緩和 ◆土木構造物保険 →保険料の低減 →支払条件の改善	○公的補助 →補助要件の緩和 →補助率の嵩上げ 特に地震・津波の補助
第三 セクター 鉄道	△基金の拡充	○公的補助 →補助率の嵩上げ ◆土木構造物保険 →保険料の低減 →支払条件の改善	○公的補助 →補助率の嵩上げ 特に地震・津波の補助

アンケート調査結果(2008年)、ヒアリング調査(2014年)等を基に大堀勝正が作成

3. 資金調達の効果分析手法の提案

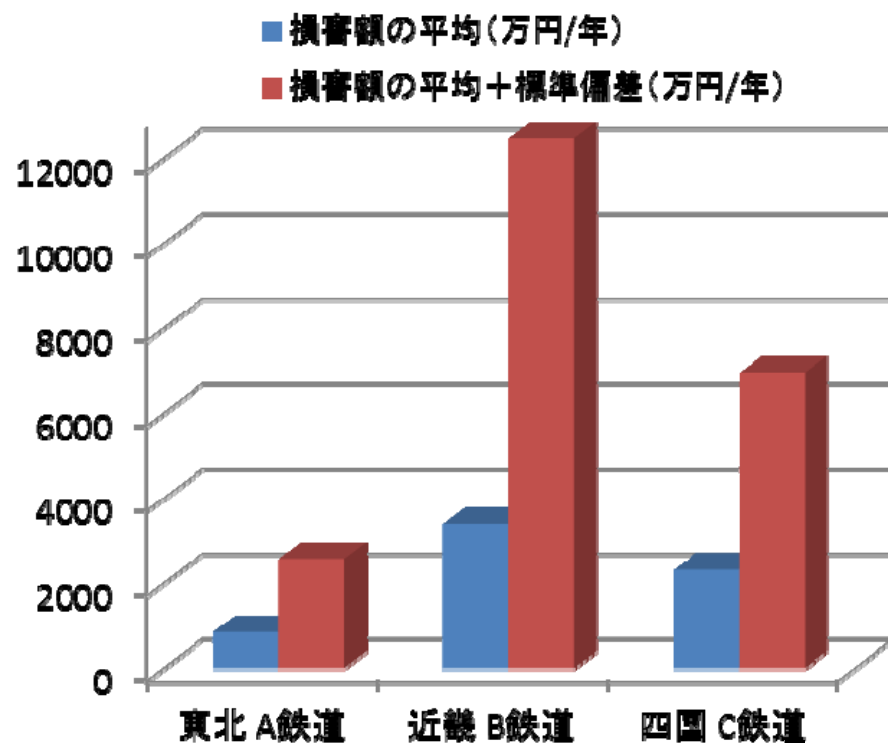
(1) 課題解決の基本的な考え方



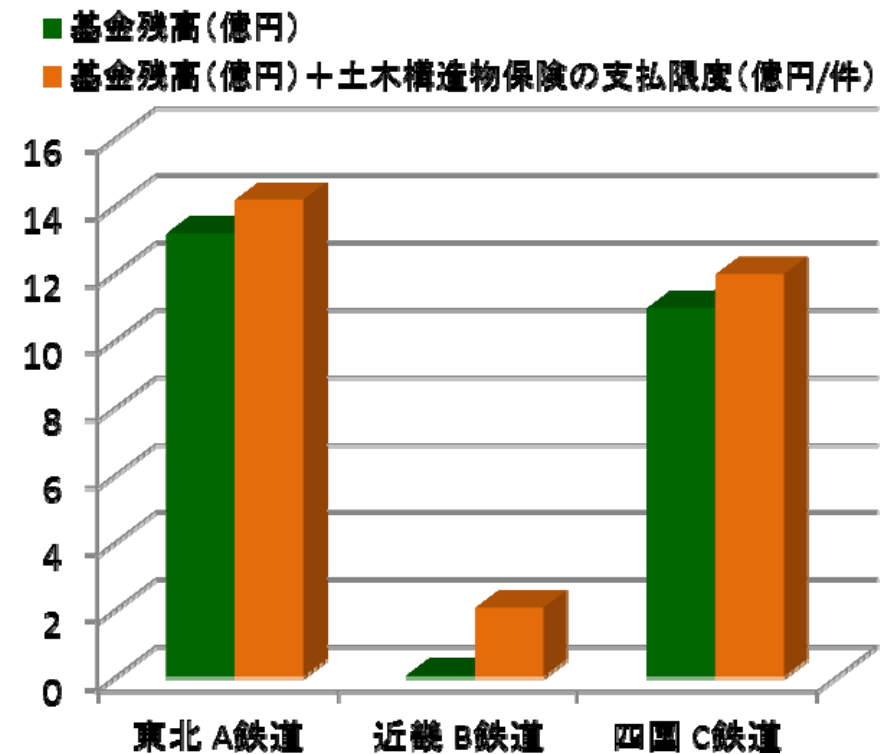
(2) 破産確率の提案

- ① 条件設定
- ② 破産確率の算出式

- ◆ 自然災害による損害額は、**鉄道事業者ごとに大きく異なる**（左図）。
 - 平均は年あたりの支出平均、標準偏差は変動の特性を表す。
- ◆ 自然災害に対する金銭的備えも、**鉄道事業者ごとに大きく異なる**（右図）。
 - 損害総額が最大のB鉄道の金銭的備えが最も小さいなど、
自然災害に対する資金対策は大きく異なる。

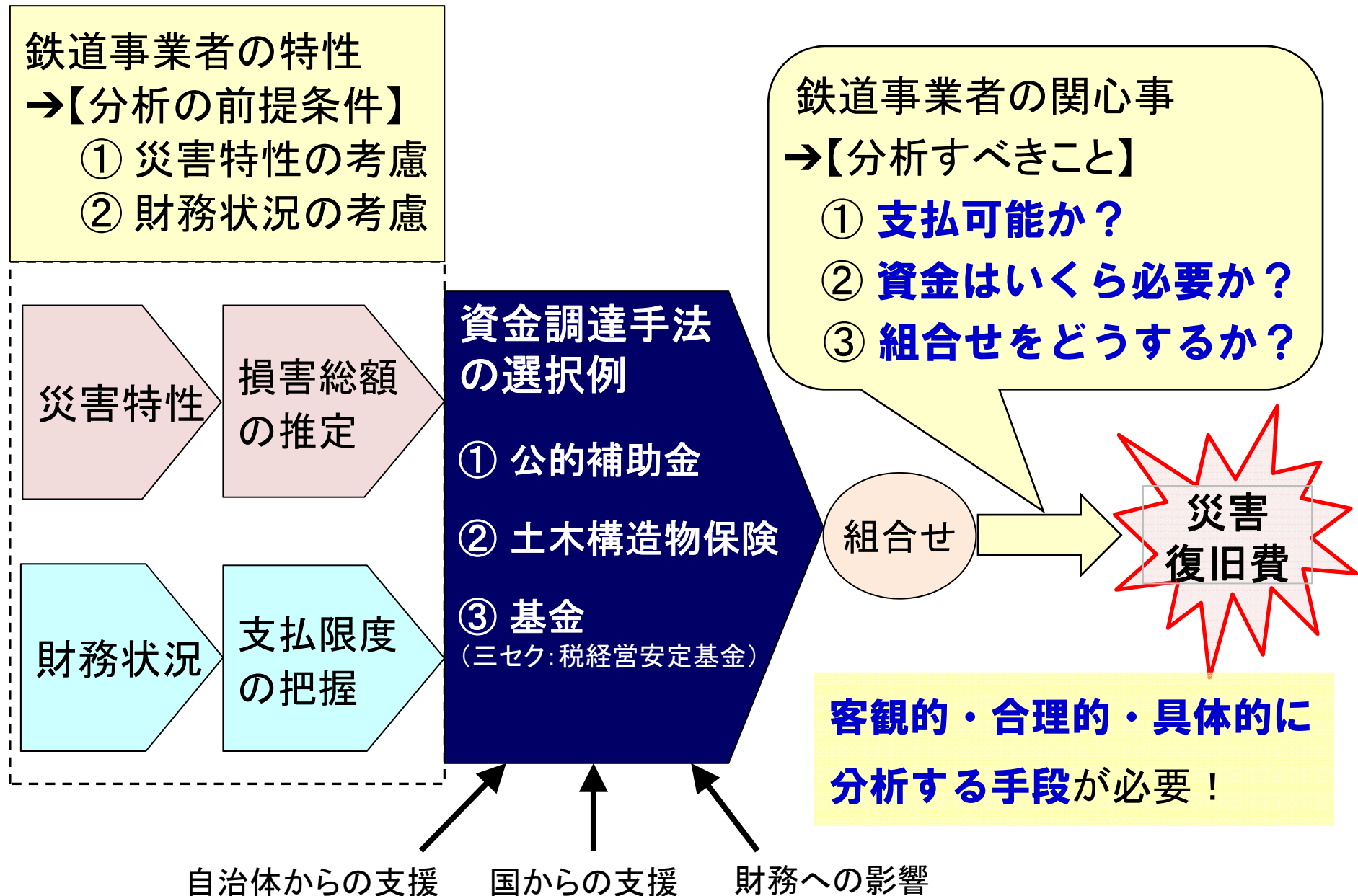


自然災害による損害額
(H3～H24の実績データより算出)



自然災害に対する金銭的備え(H25)

(図の出所) 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より大堀勝正が作成



- ◆鉄道事業者の関心事は、リスク・マネジメントの基本プロセスにおいて下図のように位置づけられる。
- ◆経営難の中小民鉄や第三セクターの主な関心は、
短期(来年度等)の災害復旧資金調達(下図⑤)である。



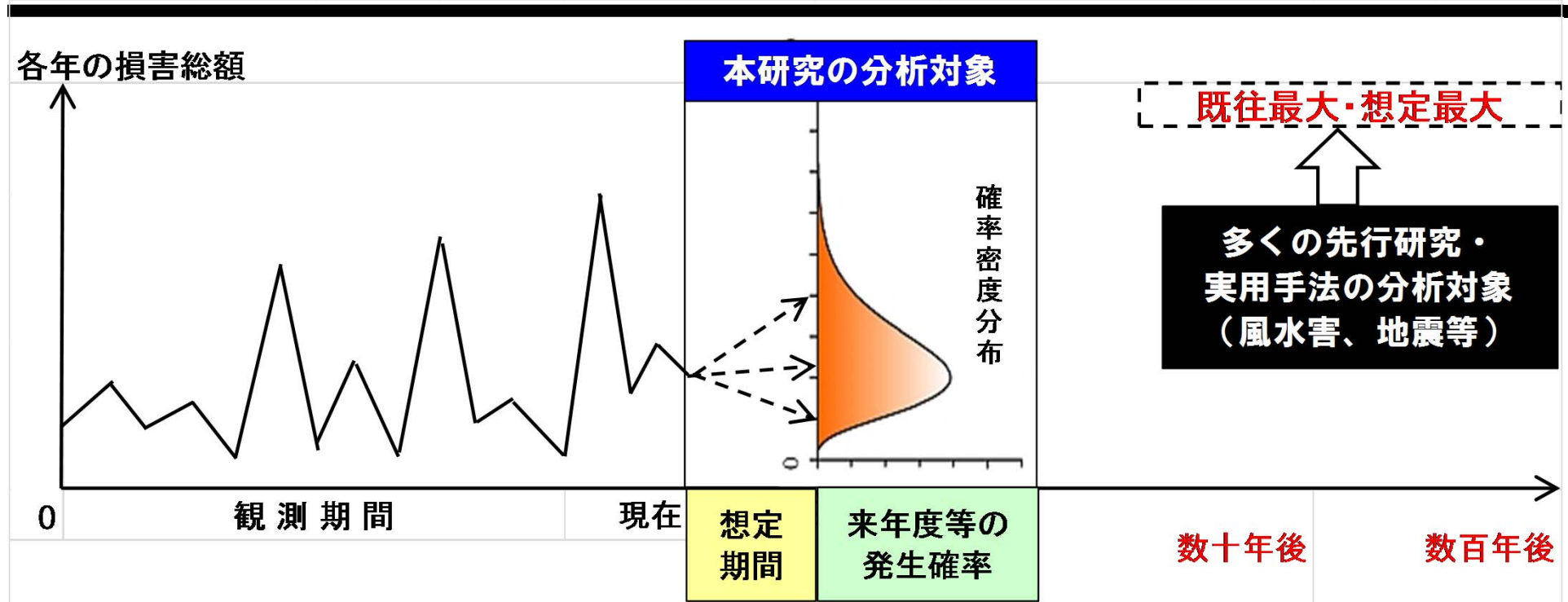
リスク・マネジメントの基本プロセス

【鉄道事業者の主な関心事】

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



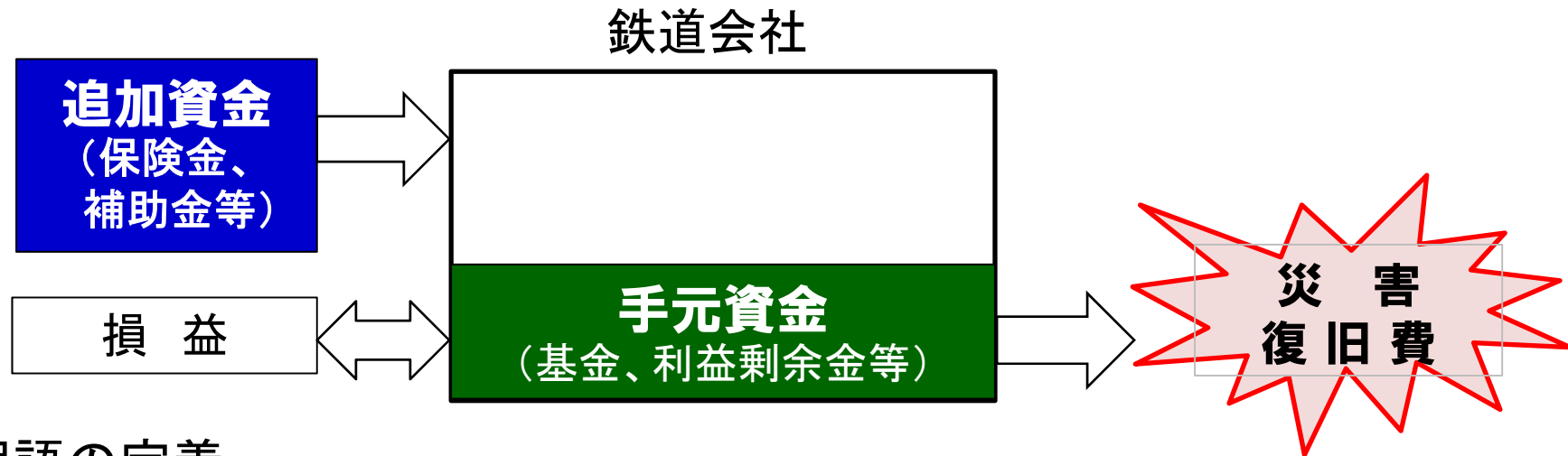
(写真) 黒木睦郎: 高千穂鉄道、砂防と治水172号 J2006年8月



本 研 究	比較項目	多くの先行研究・実用手法
鉄道事業者（主に中小を想定）	利用者	行政機関、JR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（首都直下地震等）
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
災害特性や財務状況への対応、柔軟性	メリット	構造力学等の理論的根拠、安全性
損害データが少ない場合には推定精度が悪い	デメリット	大量のデータ（構造物等）が必要、費用が高い

（作成）大堀勝正

■被災後の収支モデル



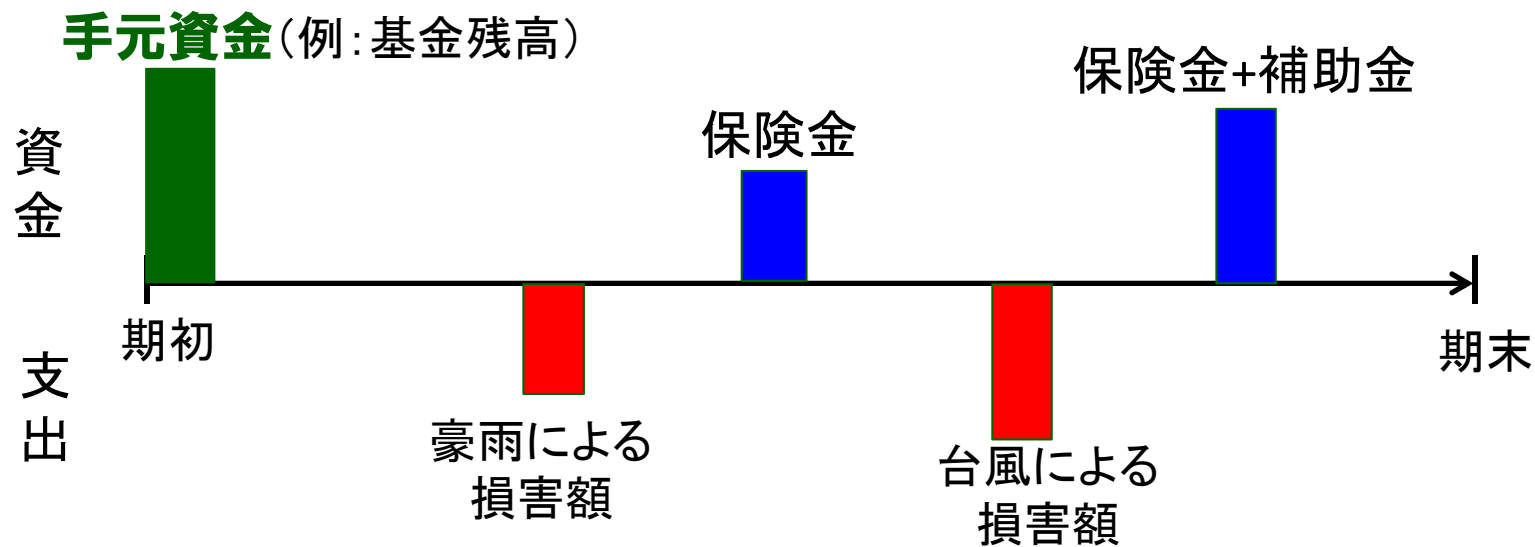
■用語の定義

用 語	定 義
災害資金	自然災害による損害に対して使える資金の総称 ここでは、手元資金と追加資金に分類する。
手元資金	ただちに支払手段として利用できる資金（例）利益剰余金、税経営安定基金
追加資金	自然災害による損害に対して手元資金以外に使用可能な資金 （例）土木構造物保険の保険金、公的補助金
破 産	自然災害による損害に対して 災害資金が不足すること 【※】鉄道事業を実際に止める「廃業」とは異なる。

（作成）大堀勝正

■年度単位の収支モデル

災 害 資 金		—	損 害 総 額	=	期末の 余 剰 金
期初の 手元資金	年度内に調達可能な 追加資金				



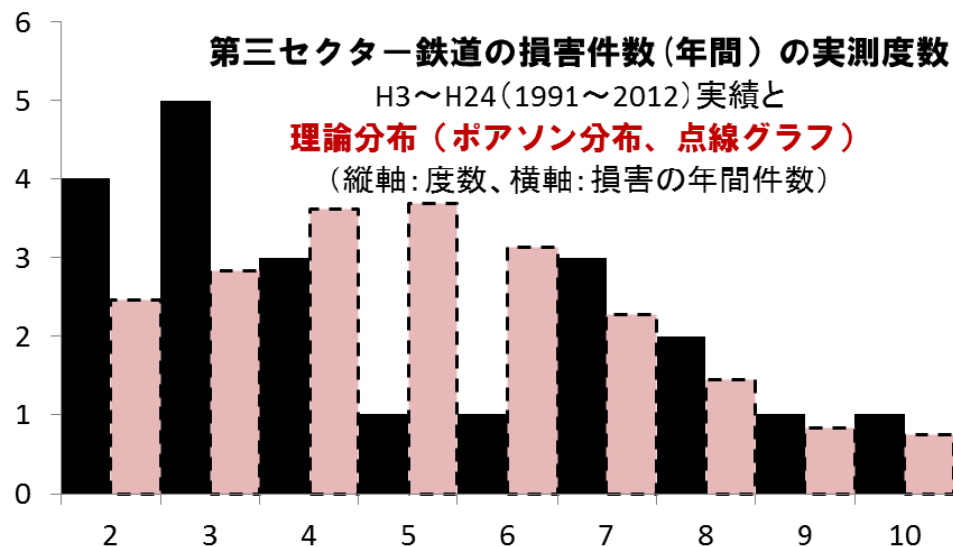
■破産確率とは、期末に災害資金が不足する確率

$$P(\text{災害資金} - \text{損害総額} < 0) = P(\text{期末の余剰金} < 0)$$



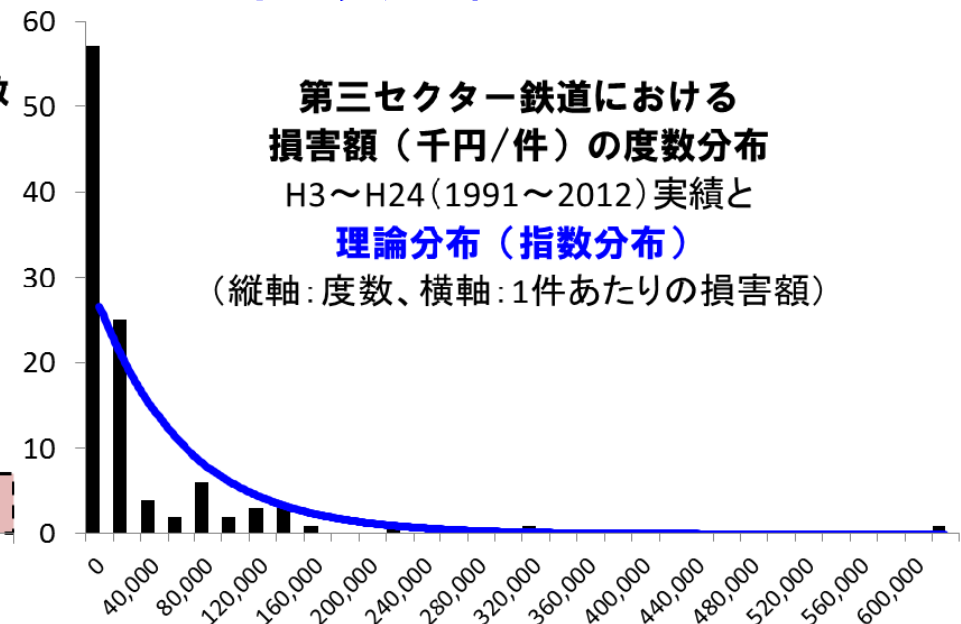
$$S = X_1 + X_2 + \cdots + X_N$$

◆ N ~ ポアソン分布



(図の出所) 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より大堀勝正が作成

◆ X ~ 指数分布



【定理】 鉄道事業における自然災害による破産確率の算出式

24

災 害 資 金		— S : 損害総額		= U : 期末の
期初の 手元資金	年度内に調達可能な 追加資金	鉄道各社の 災害特性		余剰金
u_0	$(1 + \theta)E(S)$	パラメータ μ		

➡ $\varepsilon(u_0, \theta) := P(U < 0) = \frac{1}{1 + \theta} e^{-\frac{\theta}{(1+\theta)\mu} u_0}$

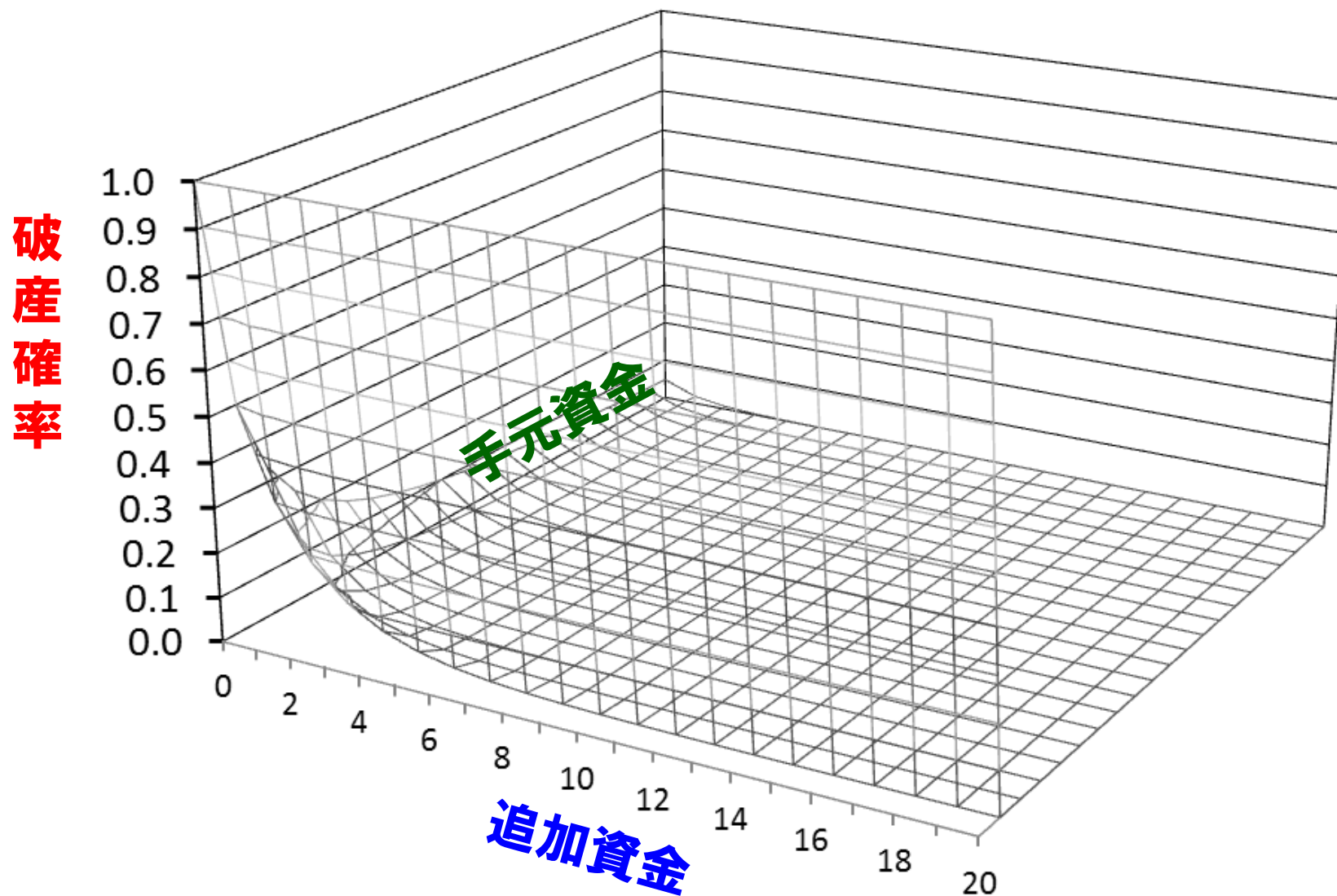
【利点】

- ① 財務状況(災害資金)と災害特性に基づいて、破産確率(期末に災害資金が不足する確率)を算出できる。
- ② **手元資金や追加資金を変動させることで、破産確率に対する効果を数理的に分析できる。**

(作成)大堀勝正

破産確率の形

25

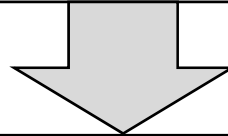


(破産確率の算出式において $\mu=1$ のとき)

(作成)大堀勝正

4. 破産確率を用いた資金調達の実証分析例

(1) 破産確率の活用案



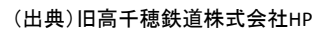
(2) 実績データに基づく破産確率の活用例

- ・被災により廃業となった高千穂鉄道
- ・運行中の第三セクター鉄道

	現 状（中小民鉄、三セク等）	破 産 確 率 を 活 用 し た 改 善
資金調達の基本概念		
決定事項	① 経営安定目標の設定 抽象的で認識しにくい ② 資金調達手段の選定 基準がないため勘に頼る ③ 外部支援金額の算出 計算手段がない	① 経営安定目標の設定 破産確率: 0～1で客観的・合理的・具体的に設定できる ② 資金調達手段の選定 経営安定目標等を基に手元資金と追加資金の組合せから資金調達手段を選定できる ③ 外部支援金額の算出 財務状況等を基に破産確率から算出できる (作成)大堀勝正

資金調達 の 決定事項	破算確率の役割	自動車に例えると
① 経営安定目標の設定 ◆破産確率:0~1で目標設定 ◆手元資金の管理 →破産確率の値で確認	自然災害に対する経営の 安定性尺度	燃料メーター 燃料が、 災害資金 に相当 
② 資金調達手段の選定 ◆追加資金の効果 →破産確率の減少で確認 →土木構造物保険の条件選定 →自社の支払限度と破産確率 の関係	資金調達手段の組合せ を検討する バランス尺度	タコメーター (回転速度計) ・燃費効率 ・危険状態 がわかる 
③ 外部支援金額の算出 【想定場面】 (1)自社支払限度で経営安定目標 を達成できない場合 (2)想定最大被害で不足する場合 →破産確率から必要金額を算出	自社の支払限度を超える 被災を想定した 外部支援金額 の判断尺度	自動車保険 最大支払金額 の想定 

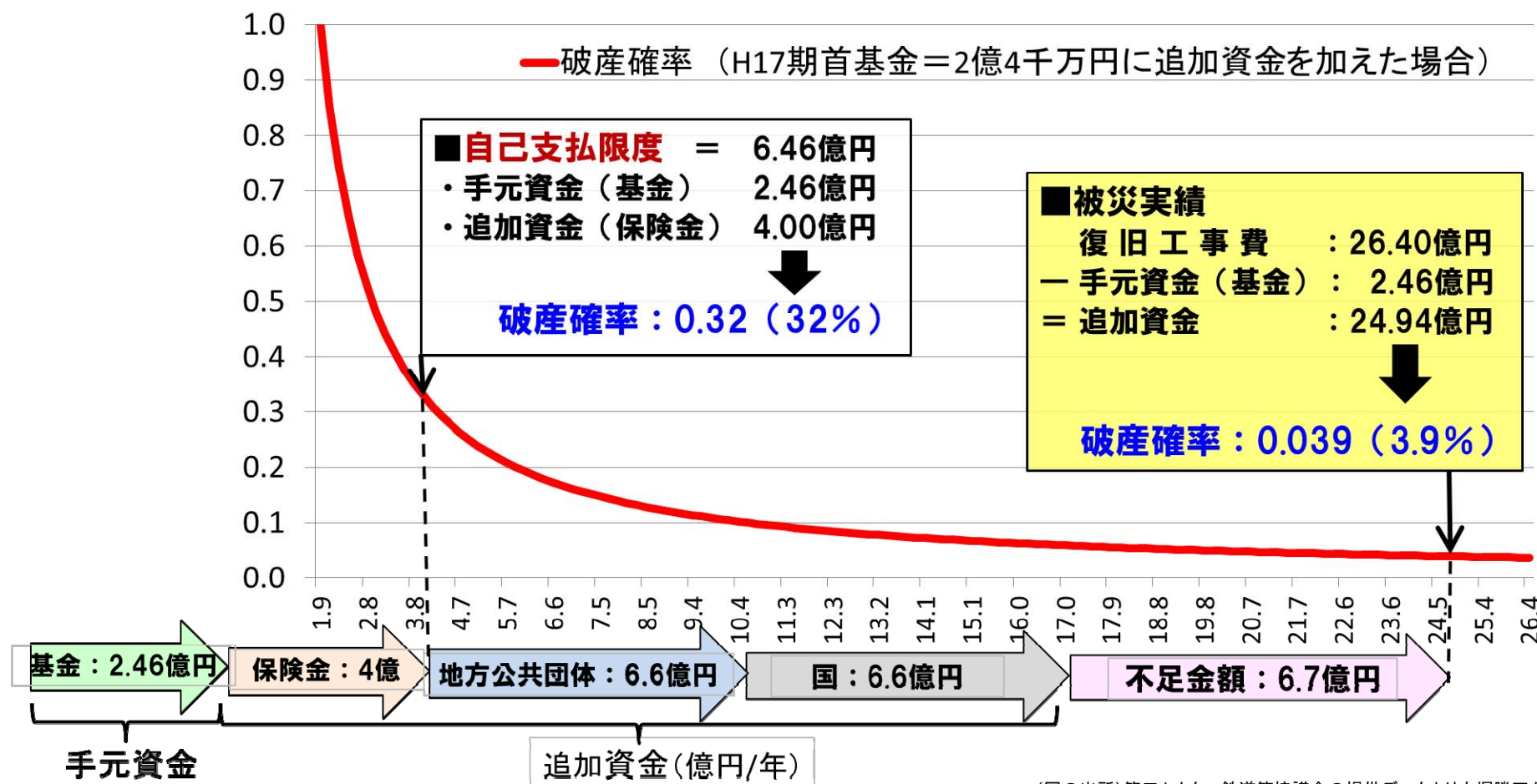
(作成)大堀勝正



(図の出所)第三セクター鉄道等協議会の提供データより大堀勝正が作成



- ◆ H17の台風14号の被災は、破産確率0.039(3.9%)に相当
 - 破産となった破産確率3.9%は、経営安定目標の参考値
- ◆ 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
 - 自己支払限度額で破産確率をなるべく下げることが望ましい
 - 自己支払限度額を超える災害も想定し、外部支援金額も把握すべき



(図の出所) 第三セクター鉄道等協議会の提供データより大堀勝正が作成

【前提条件】

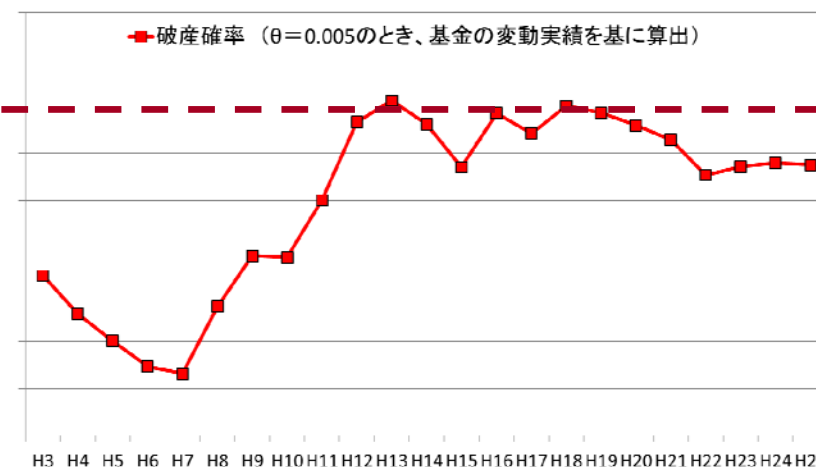
- (1) 災害特性
- (2) 鉄道会社の財務状況や経営方針
- (3) 保険等の契約条件
- (4) 外部支援機関の支援方針 等



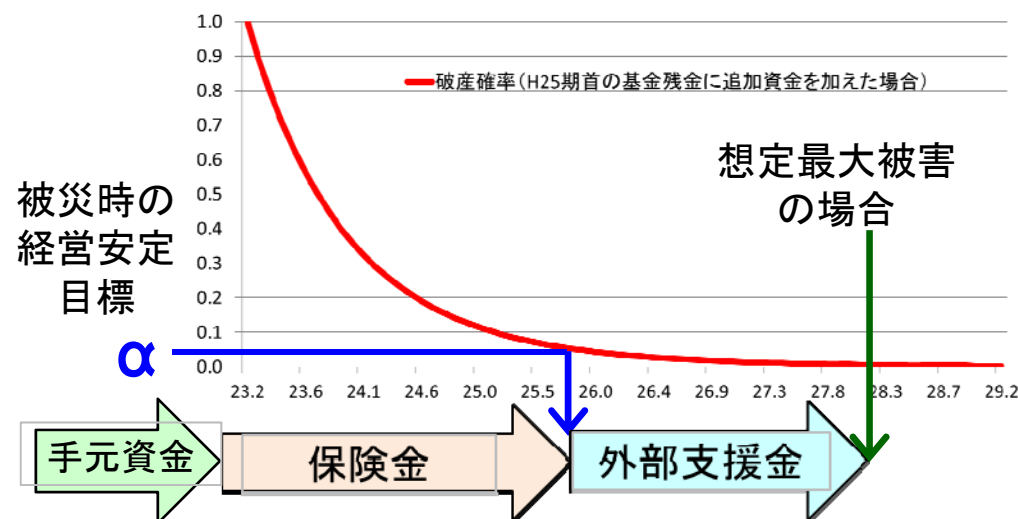
決定事項	破産確率の活用
(1) 経営安定目標の設定	破産確率 α 以下 【参考】 高千穂鉄道 3.9% で廃業
(2) 資金調達手段の選定	2-1) 手元資金 一定条件下で、 破産確率 β 以下 2-2) 追加資金 土木構造物保険は、 手元資金と合せて 破産確率 α 以下
(3) 外部支援金額の算出	3-1) 自己支払限度で 経営安定目標を達成 できない場合 3-2) 想定最大被害の場合 →破産確率より金額を算出

一定の
条件下で

β



(2-1) 手元資金の管理イメージ



(2-2) (3-2) 経営管理目標に基づく追加資金の調達イメージ

(作成)大堀勝正

◆H8から基金が減少

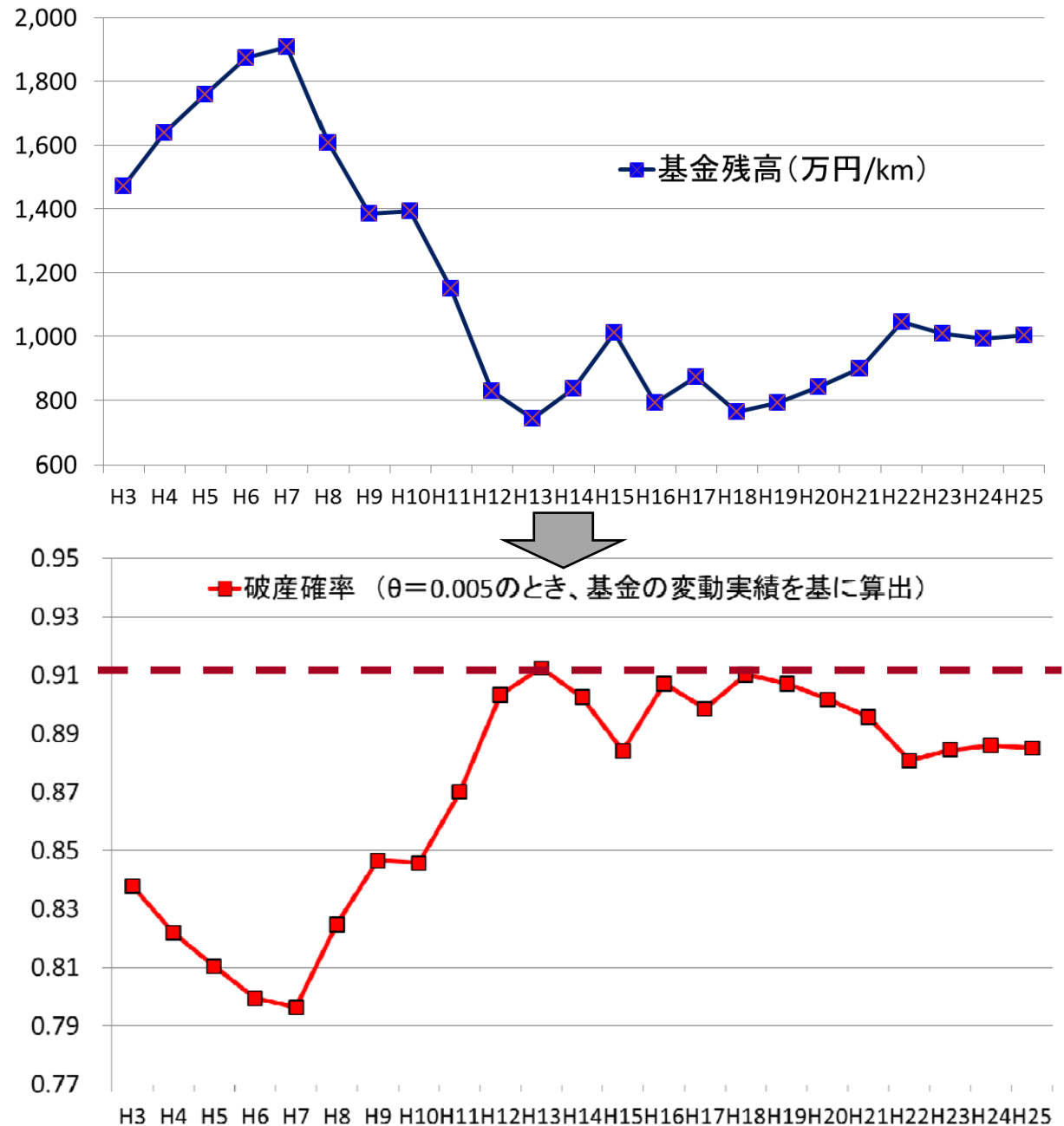
◆しかし、H13より増やして
約800万円/営業km以上
確保し続けている

【破産確率で分析】

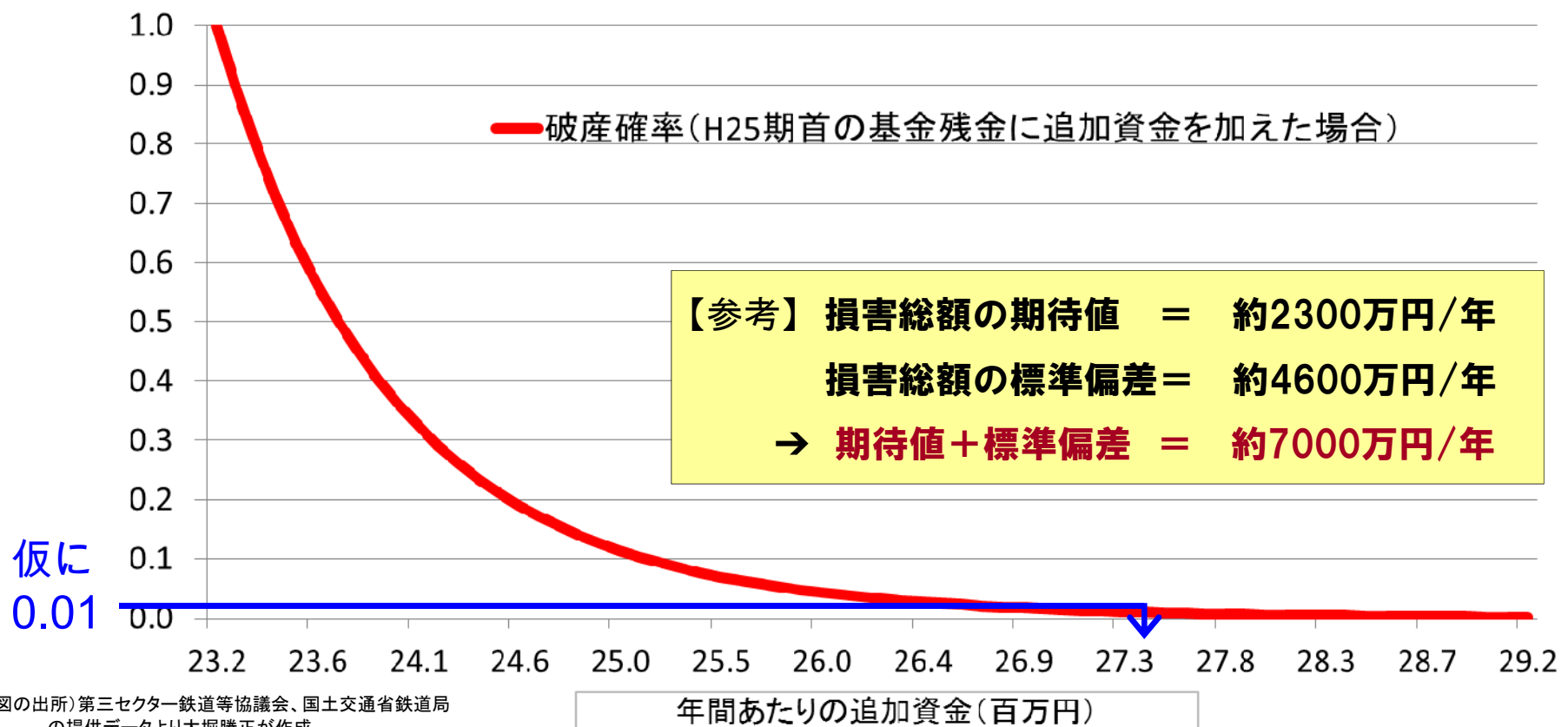
◆一定条件:

基金残高 + 1.005 × 損害総額平均

◆H13より基金の微増により
破産確率が一定(0.91)以下
に抑えられている。



- (1) 経営安定目標を仮に「破産確率1%以下」とすると、
年間あたりの追加資金を約2750万円確保できればよい（下図）。
- (2) ただし、データが少なく、損害総額の変動が激しいため、標準偏差を
参考として約7000万円の損害総額を考慮することが望ましい。
- (3) 現行の土木構造物保険は、支払限度：1億円/件、2億円/年なので、
自然災害による破産の危険性は「ほぼ回避可能」と推定できる。



(図の出所) 第三セクター鉄道等協議会、国土交通省鉄道局
の提供データより大堀勝正が作成

5. まとめ

5-1 主要な成果

5-2 今後の課題

破産確率によって実現できること

【鉄道事業者】 **身の丈に合った資金調達**

【利害関係者※】 **わかりやすい説明根拠**

【行政】 **鉄道利用の安定に資する政策検討材料**

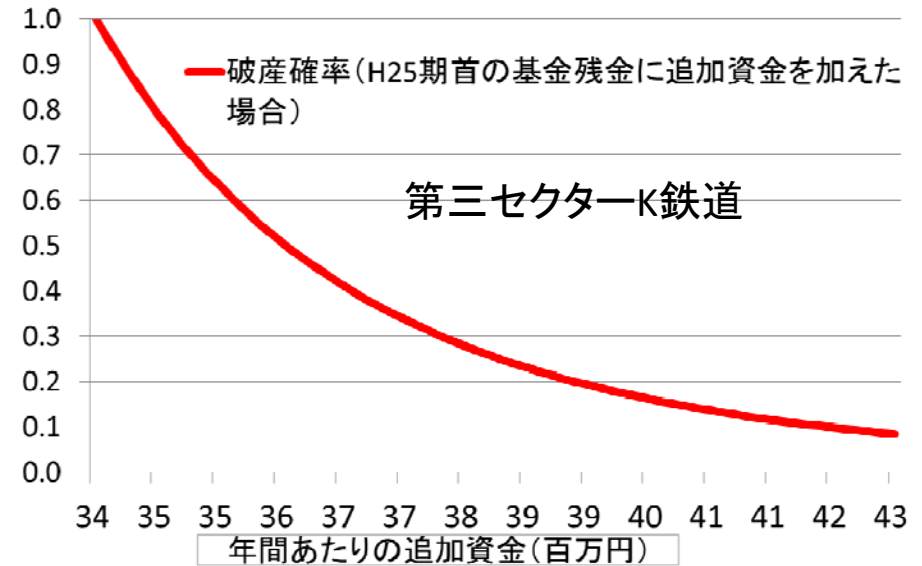
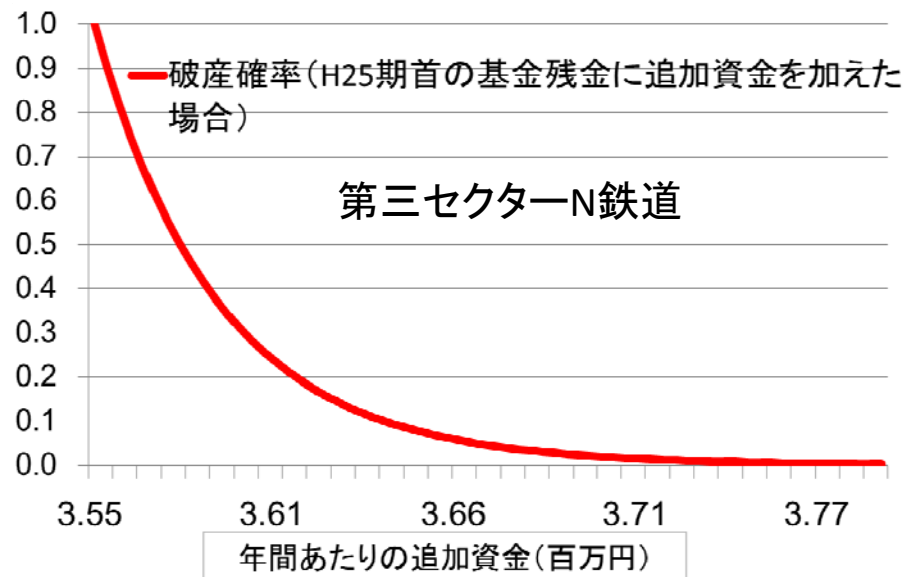
【※利害関係者】鉄道会社、株主、債権者、鉄道利用者、行政（地方公共団体、国）、等

【鉄道事業者】身の丈に合った資金調達

【留意点】 鉄道各社の災害特性や財務状況は大きく異なるため、
被災時の経営安定に必要な調達金額も大きく異なる。

【破産確率】

各社の特性を柔軟に反映した資金調達分析が可能

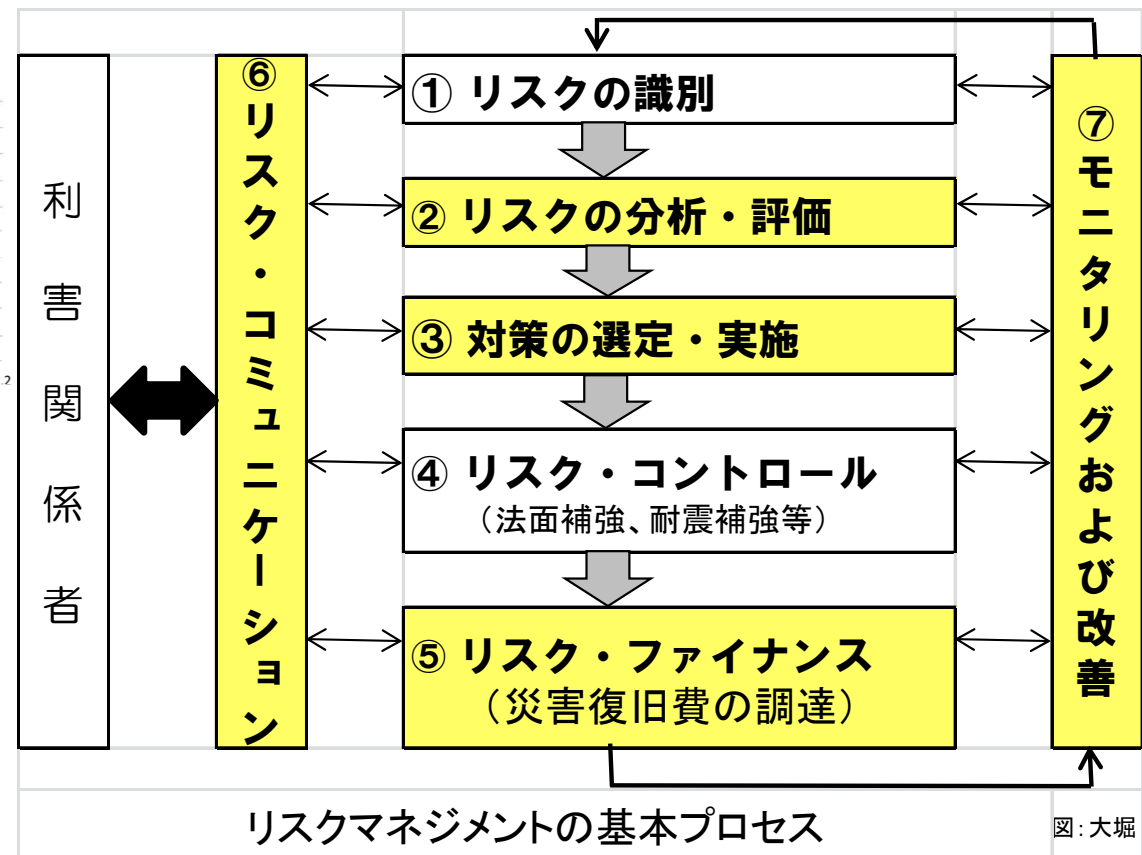
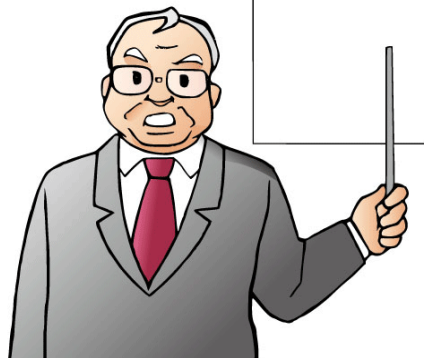
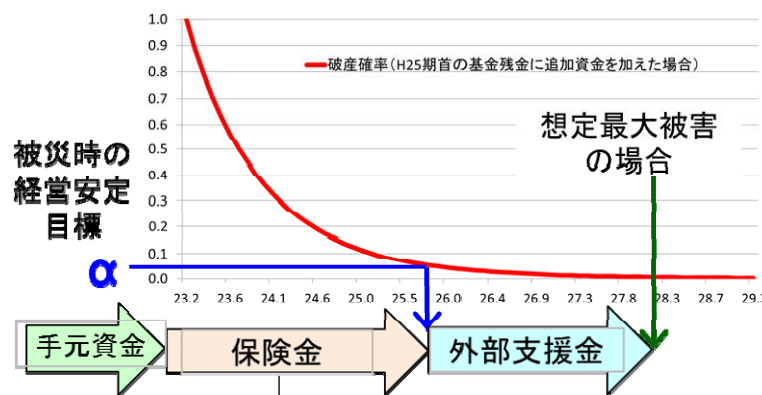


約10倍

(図の出所) 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より大堀勝正が作成

【利害関係者】 わかりやすい説明根拠

- 鉄道事業者 → (1) 自然災害に対する**経営安定目標の設定**
 → (2) 資金調達手段の優先度や組合せ等の**バランス調整**
 → (3) 外部支援機関(行政等)への**支援金額の説明**



図：大堀

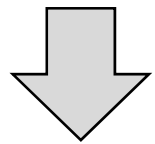
(作成)大堀勝正

【※利害関係者】鉄道会社、株主、債権者、鉄道利用者、行政(地方公共団体、国)、等

鉄道事業者の破産確率が、以下のような政策の検討材料になると考えられる。

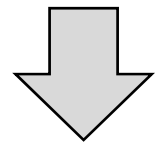
- (1) 被災時における鉄道利用の地域への影響
 - 鉄道経営の安定性を破産確率で早期把握
- (2) 被災時における支援金額の事前想定
 - 鉄道事業者の支払限度の把握
 - 事前対策の具体化
- (3) 補助要件や補助率等のあり方の検討
 - 災害特性や財務状況なども考慮

【情報整備】 損害データの拡充（量、質ともに）



→ 【鉄道事業者、行政】 損害金額データの蓄積・管理

【実用化】 実務を考慮した破産確率分析手法の改良



（例）災害復旧に使える基金割合の考慮

【政策改善検討】 公的支援制度の改善検討

- (1) 災害復旧を目的とした手元資金（基金等）の確保方策
 - (2) 土木構造物保険と公的支援制度の補完強化
- 等

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