

2019年2月9日NN会資料

# 産官学協働による広域経済の 減災・早期復旧戦略の立案手法開発

2018年12月19日に2019年2月9日追加

個社を超えたBCPは成り立ちうるか？

名古屋大学

西川 智

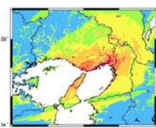


# 南海トラフ巨大広域災害：過去の災害とは格段に異なる「国難」

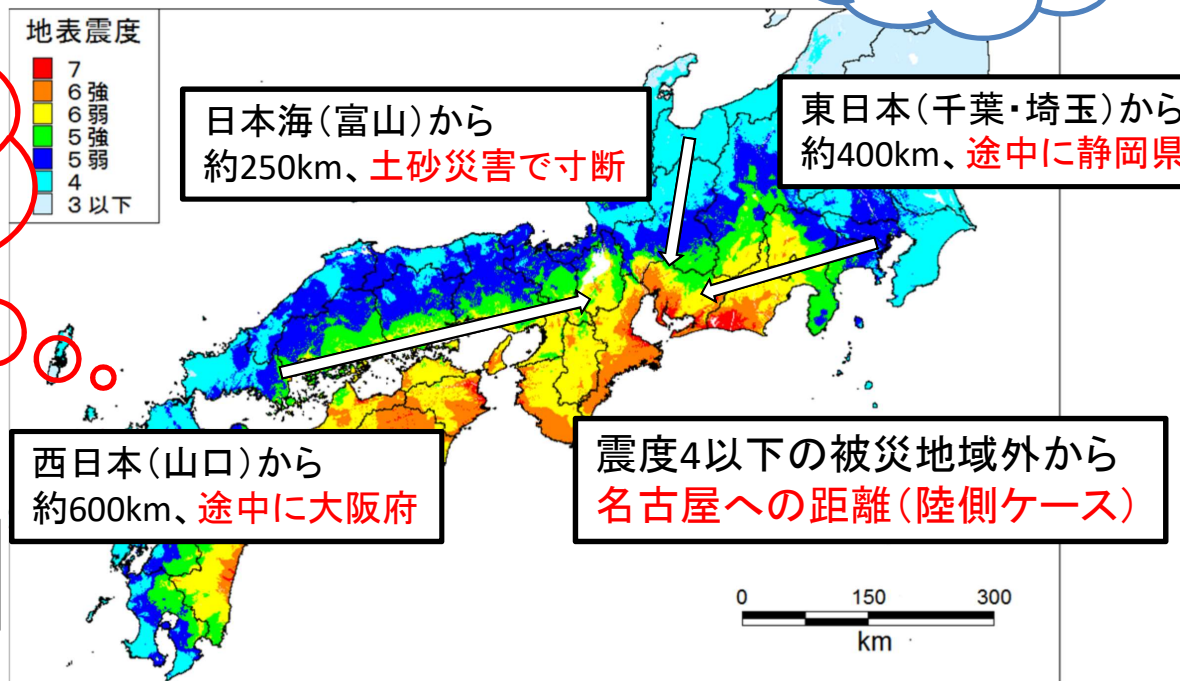
	阪神・淡路	熊本地震	南海トラフ(最大クラス)
全壊戸数	104,906棟	8,668棟	2,382,000棟(内閣府推計)
被災人口	約232万人 (震度6弱自治体)	約148万人 (震度6弱自治体)	約6,125万人 (南トラ推進地域の自治体)
震度7市町村数	7市町村	2市町村	145市町村
震度7市町村面積	512.92km <sup>2</sup>	142.92km <sup>2</sup>	約4,000km <sup>2</sup>

日本の人口の約半数が襲われる！

南海トラフ地震被災地への到達が極めて困難！  
 救援資源の絶対量が不足！  
 被災地内での最大限の事前準備無しのままでは破滅的混乱！



阪神・淡路大震災(神戸)では100km以遠が全て平常



2013年3月 内閣府による試算：直接被害 170兆円、間接被害 50兆円  
 2018年6月 土木学会による試算：直接被害 170兆円、間接被害 1240兆円(20年累計)

# 産官学協働による広域経済の減災・早期復旧戦略の立案手法開発

## イノベーション

南海トラフ巨大地震による経済被害の最小化

### コア技術

- ◆南海トラフ巨大地震の多様な被害のそれぞれについて、広域/地域の経済に与える影響を定量評価する技術
- ◆広域巨大災害に直面した際に地域で顕在化する隘路を事前に識別する技術
- ◆災害からの復旧リソースが大きく制約される中で、地域のステークホルダーに葛藤調整を促す技術

### 社会実装イメージ

- ◆事前準備：産官交え地域BCP(=地域復旧戦略)を検討し、様々な被災シナリオを提供し、個社や集団でのBCP訓練の支援ツールとして活用
- ◆災害時：統合システムをあいち・なごや強靱化共創センターにて運用可能な状態に整備し、災害発生時に政府現地対策本部等における判断を支援

### SIP着手前

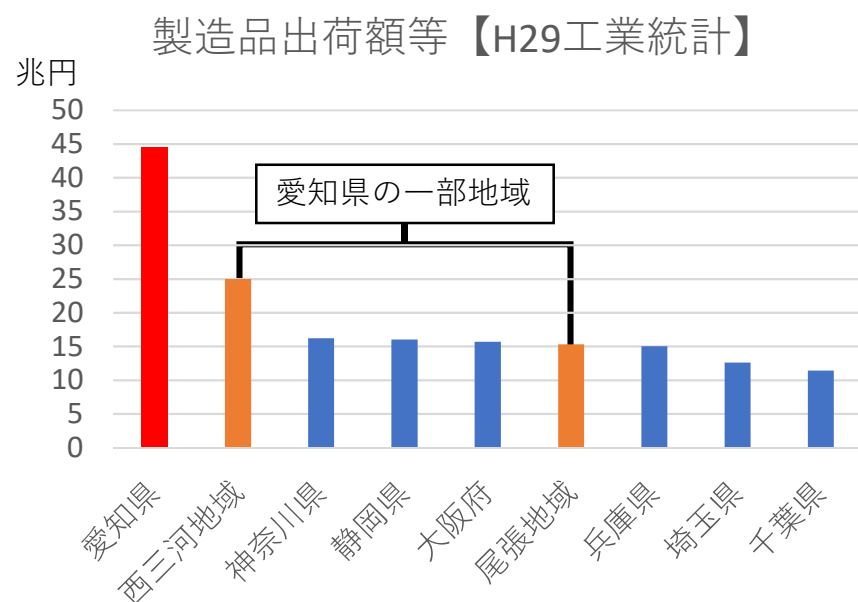
- ◆災害復旧において、地域経済の早期復旧、産業群の早期再開による生計の確保の視点や戦略が存在しない
- ◆発災時に、限られた資源の優先配分の視点が存在しない。地域の連関や近隣関係を考慮したBCPが存在しない

↓  
混乱、多大な経済的損失、  
復旧期間が長期化

### SIPの目標

- ◆南海トラフ巨大地震による経済被害を広域にもローカルにも予測しうるシステムを開発すること
- ◆地域経済の減災・早期復旧を実現：「限られた資源の奪い合い防止」と「隘路の解消」を目的とした地域の復旧戦略(地域BCP)を策定＋災害時に判断支援情報を提供

- テストフィールドである中京圏は、国内有数の産業集積地を有している。



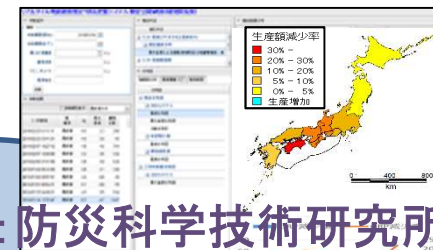
⇒産業集積地の被災は国民から生活基盤である雇用を同時に奪う。

⇒生産活動の停止は全国に波及し、経済活動を停滞させ、国際競争力を失墜させる。

例として、愛知県の製造業復旧を「**1ヶ月**」早めるだけで、「**数兆円**」の経済被害縮小に結びつく可能性がある。

# 発災時/訓練時の復旧優先判断を助ける統合システム

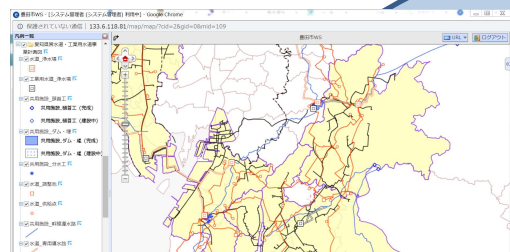
## 第二期SIP各課題からの情報を活用



### サブテーマ1: 防災科学技術研究所

#### 広域概観版経済被害予測システム

- ・全国規模の経済被害波及の影響を評価
- ・地震発生直後にリアルタイム推定が可能



#### 地域の経済活動に関するD/B

- ・生産拠点や復旧リソースなど
- ・道路、インフラ等のネットワーク

### サブテーマ3: 京都大学

#### コンフリクト解決手法

### サブテーマ2: 名古屋大学

#### 統合システム

#### 地域の経済活動への影響評価システム

- ・復旧におけるボトルネックの抽出
- ・影響度(被害額、生産停止日数など)を推計

### <事前準備・訓練>

#### 地域版BCPの作成・更新

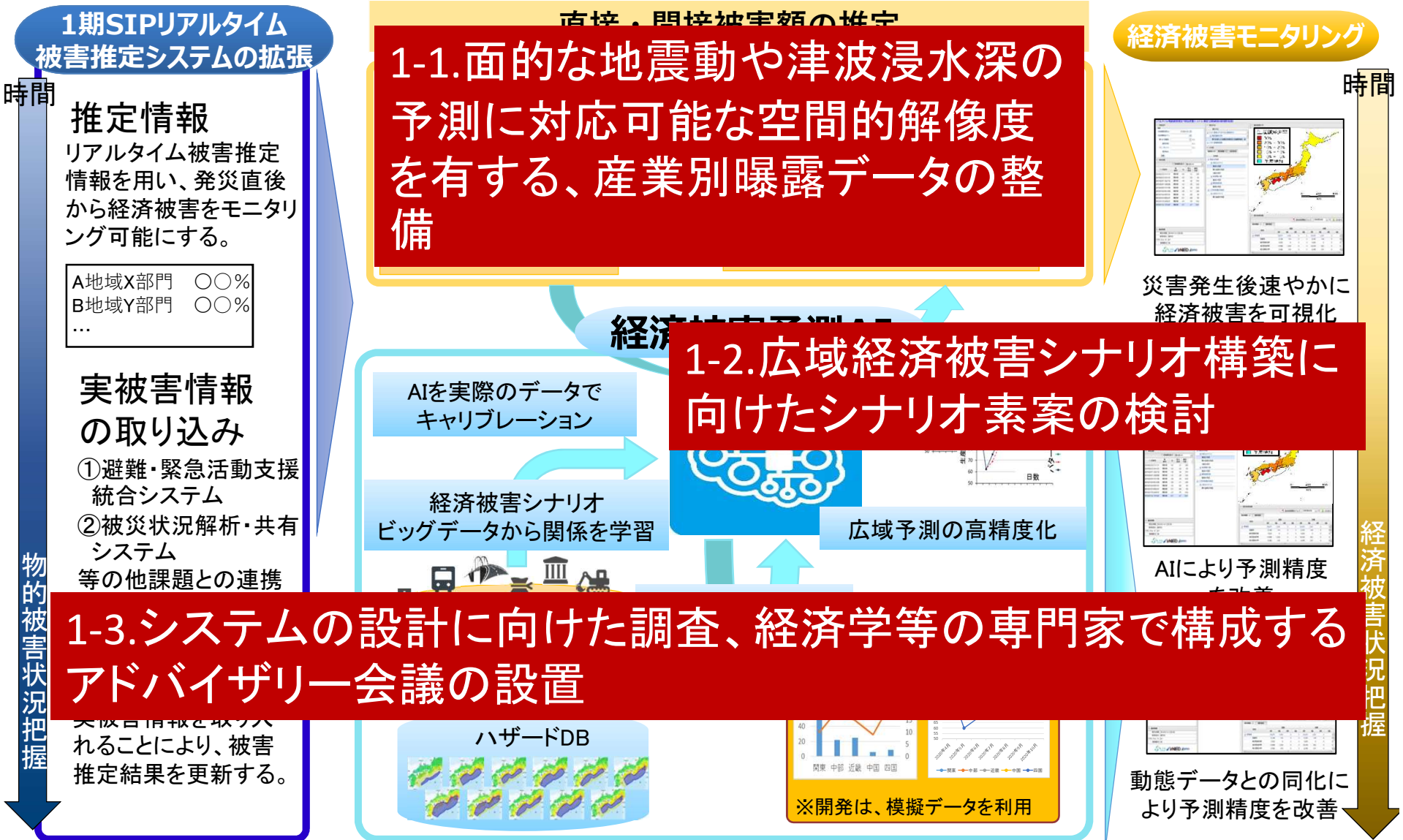
#### 早期復旧のための事前準備

### <災害発生時>

災害対策本部における  
インフラ・ライフライン復旧の  
判断を支援

# 1. 広域概観版経済被害予測システムの開発

南海トラフ巨大地震が日本経済全体および各地域に与える影響を定量評価する広域概観版経済被害予測システムを開発する。経済被害動態情報等を取り込んだデータ同化による高精度予測に向け、大量の経済被害シナリオから、ハザードと経済被害の関連を学習し、経済被害を瞬時に予測するAIシステムのプロトタイプを構築する。

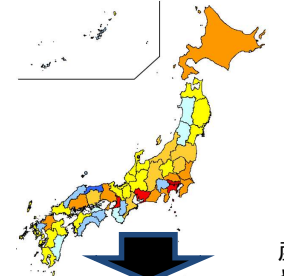


# 1-1. 広域経済被害予測のための産業別曝露データ整備

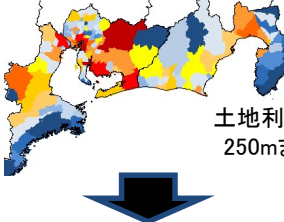
## 【成果見込み】

南海トラフ巨大地震による地震動・津波による広域を対象とした経済被害予測のための基礎データとして、面的な地震動や津波浸水深の予測に対応可能な空間的解像度を有する、産業別曝露データ(資本ストック額のデータ)を整備。

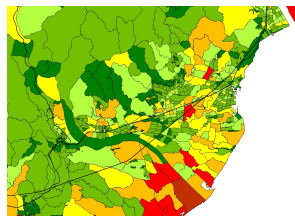
都道府県別  
民間企業資本ストック



市区町村別  
民間企業資本ストック



町丁目・大字別  
民間企業資本ストック



都道府県別民間資本ストック

産業毎に経済センサス等の市区町村別の値を利用し、資本ストックを案分

市区町村別産業別資本ストック

産業毎に経済センサス等や土地利用形態を利用し、資本ストックを町丁目・大字単位へ案分

町丁目・大字別産業別資本ストック

土地利用形態や建物有無等から250mまたは50mメッシュに配分

メッシュ別産業別資本ストック

データ作成の流れ

経済センサス

農林業センサス

漁業センサス

経済センサス

土地利用細分メッシュ

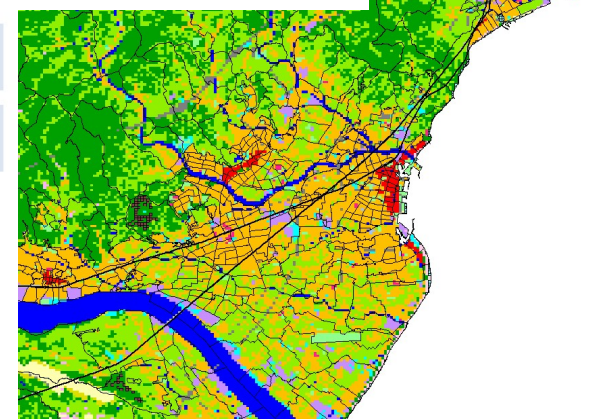
土地利用細分メッシュ

250mメッシュ別建物モデル

産業分類

農業	化学	精密機械
林業	石油・石炭	その他製造業
漁業	窯業・土石	電気・ガス・水道
鉱業	一次金属	運輸・通信
建設業	金属製品	卸売・小売
食料品	一般機械	金融・保険
繊維	電気機械	不動産
紙・パルプ	輸送機械	その他サービス

土地利用細分メッシュ



土地利用形態に応じて、町丁目・大字別産業別資本ストックをメッシュに配分

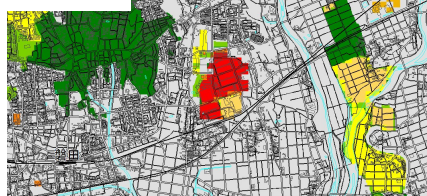
<配分例>

- ・ 農業 → 田・その他農用地の重みで配分
- ・ 製造業 → 工場の重みで配分

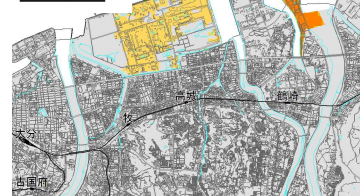
メッシュ別産業別資本ストック額のデータの整備(全国)

※ 沿岸域: 50mメッシュ、その他の地域: 250mメッシュ

産業A



産業B



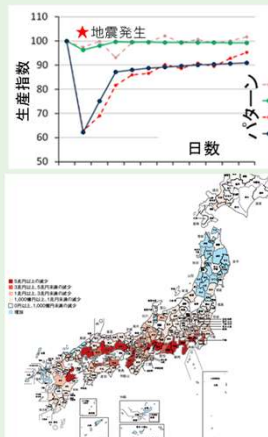
# 1-2. 広域経済被害シナリオ構築に向けたシナリオ素案の検討

## 【成果見込み】

南海経済被害シナリオ構築に向け、多数の経済被害予測結果から任意の結果を選択した時に、自動的に経済被害シナリオの素案を作成するためのテンプレートを試作。

### 経済被害予測モデルからの アウトプット項目の整理

経済被害予測モデルのアウトプット項目  
・地域別・産業別生産額変化(月次)  
・地域別・産業間の取引額変化(月次)  
・地域間・産業間の取引額変化(月次) 等

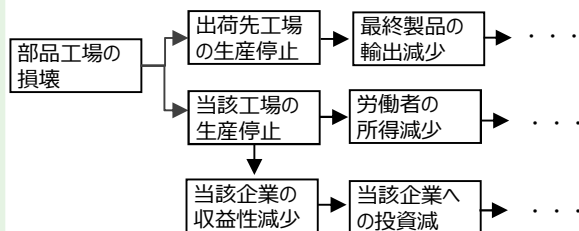


### アウトプット項目に対応した 波及の因果プロセスの整理

様々な被災シナリオを想定し、経済被害の  
産業間・地域間などの波及についてその  
因果プロセスを10種類程度試作・整理

### 波及の因果プロセスの図化

試作した因果プロセスをチャート形式等でわかりやすく図化する方法を検討



### 広域を概観する経済被害予測情報に関するニーズ把握

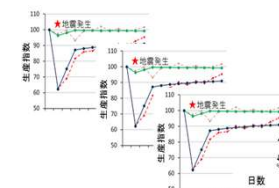
経済被害予測情報の  
利用者と想定される機  
関(中部地方整備局  
等)へのヒアリング  
(10機関程度)

以下の項目を把握  
・利用のタイミング  
(事前想定、被災時等)  
・利用方法  
・必要な情報とその精度 等

### 経済被害予測結果から自動的に波及シナリオを 作成するためのテンプレートの試作

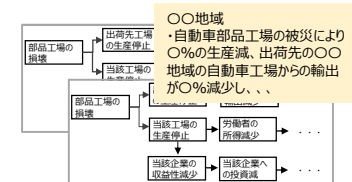
経済被害予測情報に関するニーズも踏まえながら、試作した因果  
プロセスに基づく経済被害の波及シナリオを洗い出し、経済被害予  
測結果から自動的に波及シナリオを作成するテンプレートを試作

#### 経済被害予測結果



自動生成

#### 経済被害の波及シナリオ

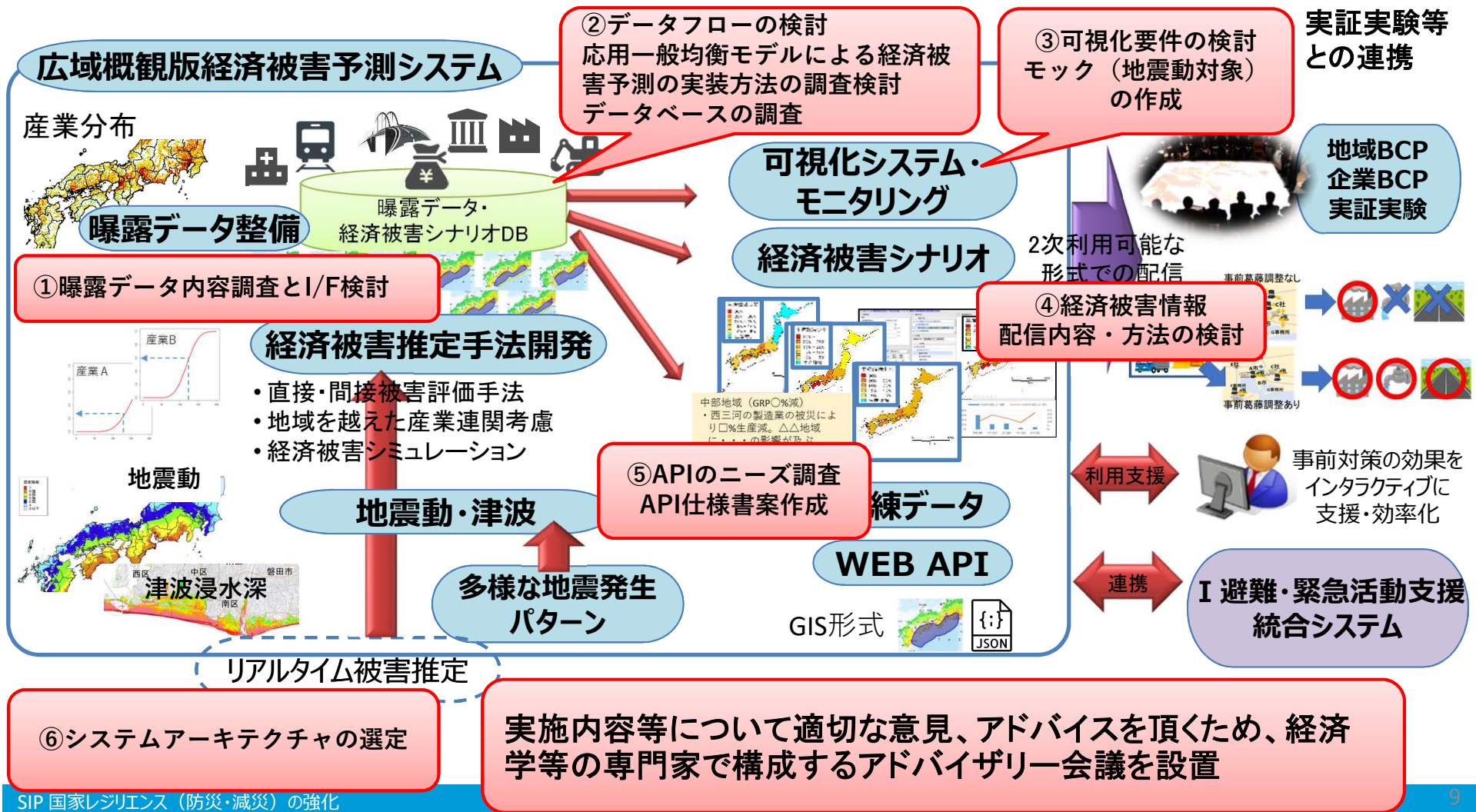




# 1-3. 広域概観版経済被害予測システムの設計に向けた調査

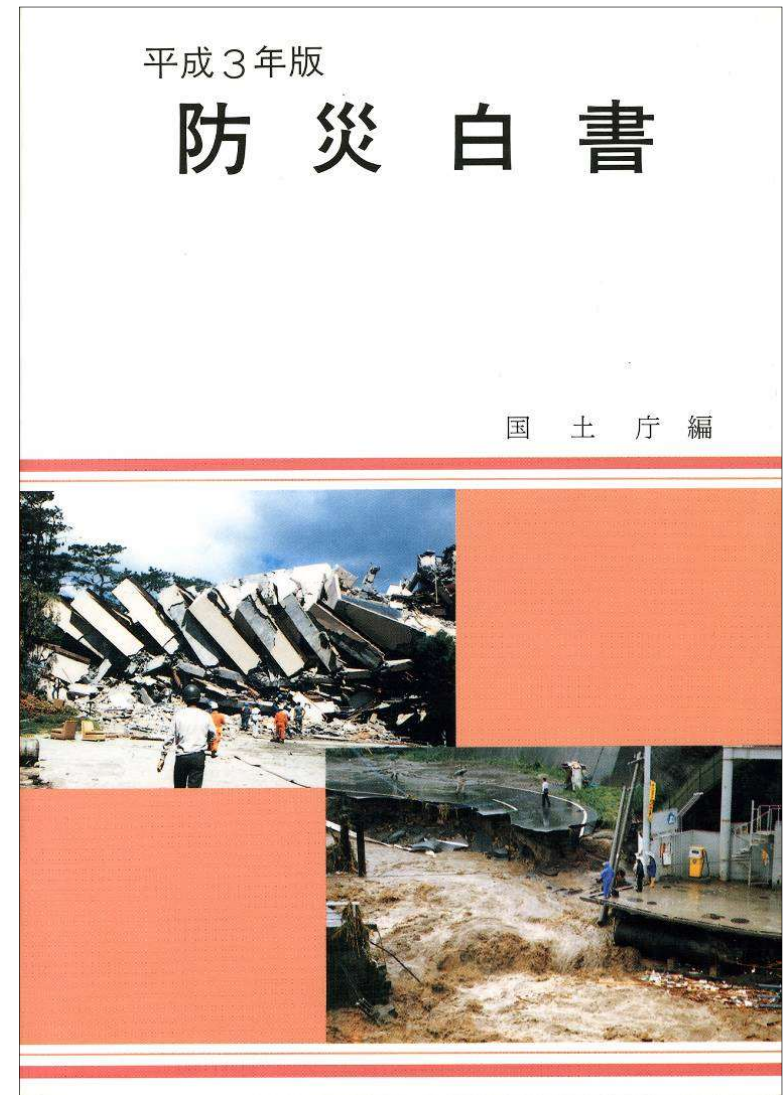
## 【成果見込み】

広域概観版経済被害モニタリングの実現に向け、システムの設計に向けた調査を実施した。システムから配信可能なデータの種別と粒度・量の分析を通して地域や企業等の外部ユーザが、BCPや訓練等に効果的に利用できる二次利用可能な配信方法を検討。



# 企業防災とBCP: 事始め

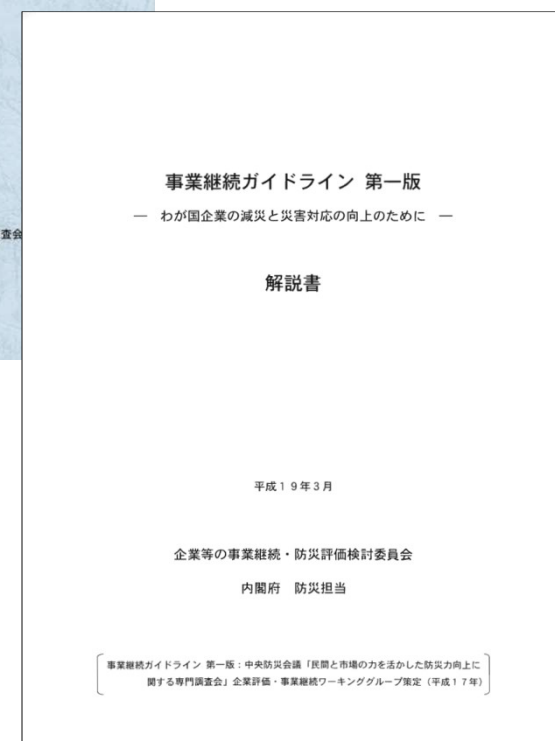
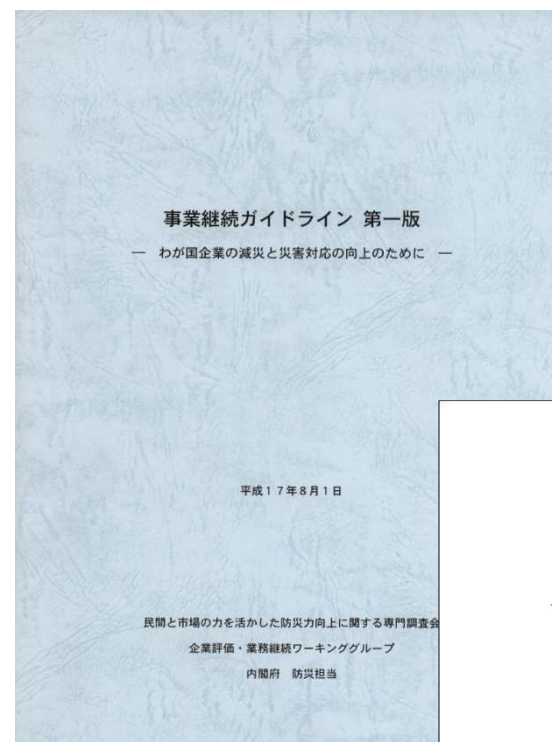
- 平成3年防災白書で初めて企業の防災活動の重要性を問題提起(西川が執筆)
- 「災害により企業の活動が停止することは、単にその企業の経営上、あるいはその従業員の生活に致命的な悪影響を及ぼすのみならず、**その企業から財やサービスの提供を受けている個人や他の企業に著しい不便をもたらし、経済活動の停滞を招くこととなる。**」
- 「現在の企業の防災対策は、自社内での対応は進んでいても、社外と関わりをもって行われているものが少ない。**各企業は、自己完結的に経済活動を行っているわけではなく、他者との関係において初めて成立するものであり、企業の防災対策を推進するにあたって、このような観点も必要。**」



# 事業継続計画(BCP)のガイドライン(2005年8月)

西川が内閣府参事官として担当

- 近年の大災害・事件の経験
  - 1995年阪神・淡路大震災
  - 2000年東海豪雨
  - 2001年911テロ事件
  - 2004年新潟県中越地震
- 事業継続(Business Continuity)の重要性を認識
- 大規模地震の経済被害の低減に向けて
  - 東海地震の地震防災戦略
  - 首都直下の地震防災戦略
- 事業継続ガイドラインを内閣府が発表(2005年8月)
- 第二版は2009年11月
- 第三版は2013年8月



西川 智

# BCP普及の為の様々な努力の甲斐あり

BCPは急速に日本の企業社会に普及  
(BCPを作成済みあるいは作成中の企業の割合)

大企業では

2007	2011	2017	目標
35.3%	72.3%	81.4%	ほぼ全数

中堅企業では

2007	2011	2017	目標
15.8%	35.7%	46.5%	約半数

日本政策投資銀行による防災格付融資・BCM 格付融資(2006～2017F.Y.)

累計格付件数	格付融資累計金額
314	3,956億円

BCPを策定済みと回答する企業が相当増えた一方、東日本大震災の際にBCPが役に立たなかったという声も:それは何故?

# せっかくBCPを作ったのに、残念！

- 経営トップが知らないBCP(作っておけBC)  
担当者が経営層の考えを確認せずに作らざるを得なかった
- 立派な文書はあるが、書棚に置いてあるだけ
- 作ったはいいけど、社内で共有されていない
- 前々任者が作ったと言って渡された
- 災害初動手順のみしかない(防災は大事ですが)
- 資料が多く分厚くて、緊急時に役立たない
- 本社の立場だけ考えて作ったBCP(事業所の現地事情は?)
- • • • •

自社内しか見ずに作っているBCPが多い！

## 実は作った動機が...

- 安否確認システムの売り込みで
- 非常用電源の売り込みで
- 非常用通信システムの売り込みで

それぞれの事業所の立地条件や周辺との地理的位置関係が考慮されていない例が多い

# 2001年911米国同時多発テロ

WTCにハイジャックされた旅客機が突入！  
入居企業のBCP対応

C証券：本社がWTCに隣接のため使用不可。



対策本部を立ち上げ、迅速に重要業務を継続。  
代替施設を活用し、先物取引所は夕方再開。

D証券取引所：ビルとコンピュータシステム破壊。

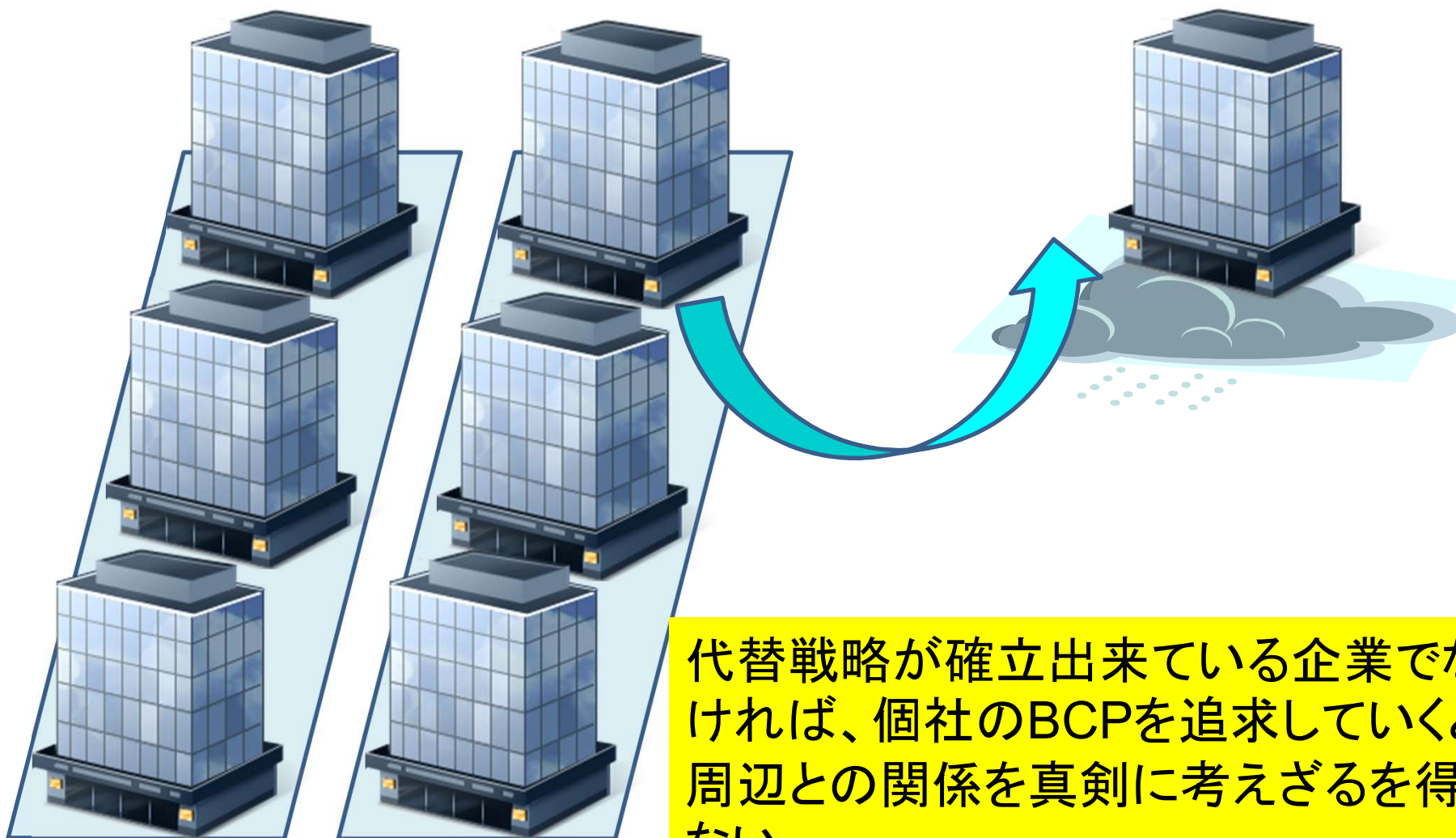


93年WTC爆破事件をきっかけにBCPを見直し。  
予め契約していたサービスプロバイダの  
代替施設で業務再開。(ハドソン川の対岸へ)

**日本の大企業経営者にBCPを意識させた大事件**



企業はfoot-looseに短時間に自由に動けるか？  
代替officeを完全に準備できる企業はどれだけあるか？



代替戦略が確立出来ている企業でなければ、個社のBCPを追求していくと周辺との関係を真剣に考えざるを得ない

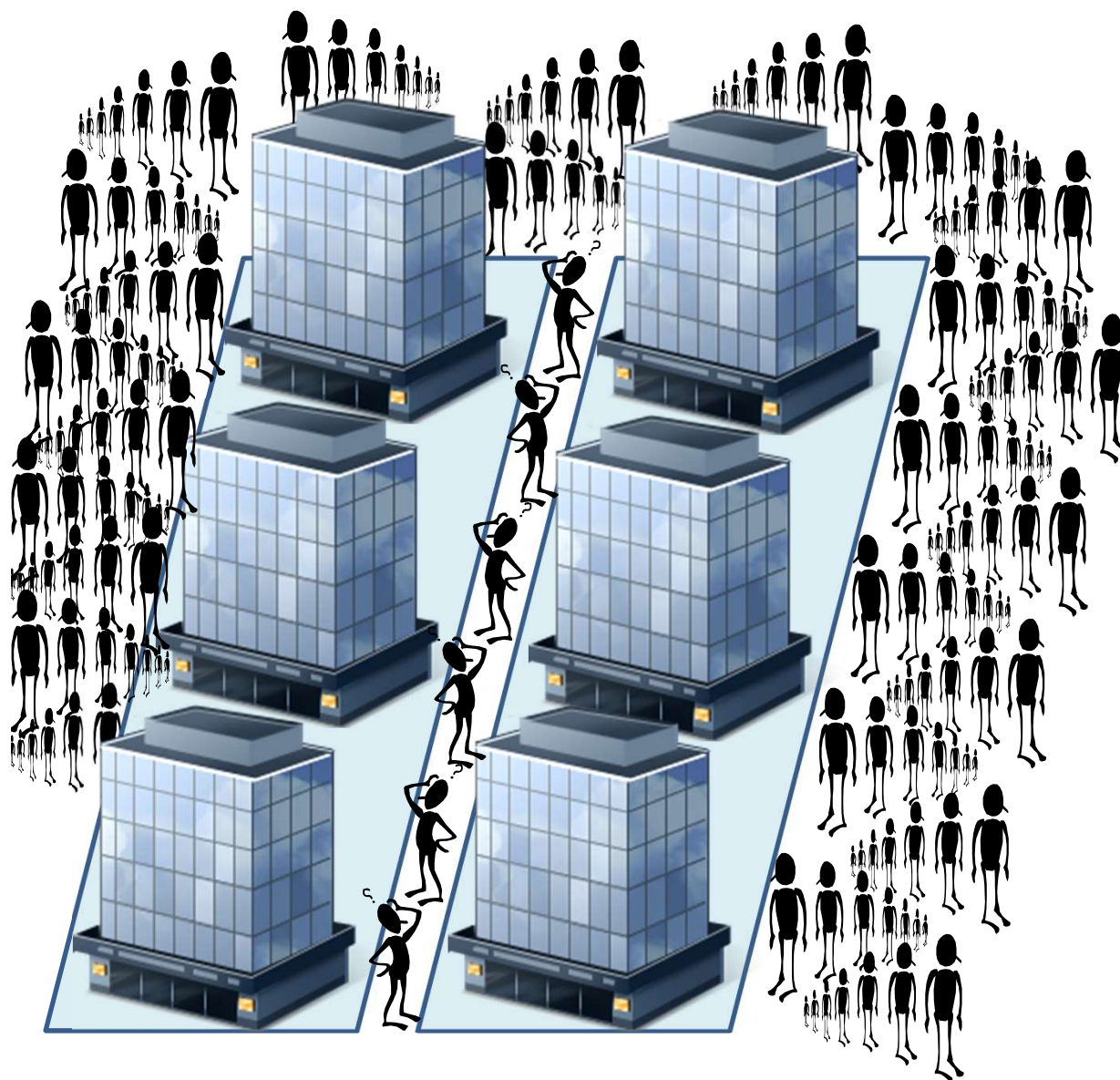
西川 智

商業業務地の来街者が路上に大量に長期滞留したら、それを無視して業務継続できるか？

阪神・淡路大震災は月曜早朝

東日本大震災時の東京自体は大被害はなく、電車は翌朝には運転再開

東日本大震災時の仙台の業務商業地の帰宅困難者の数は、何とか収容可能範囲



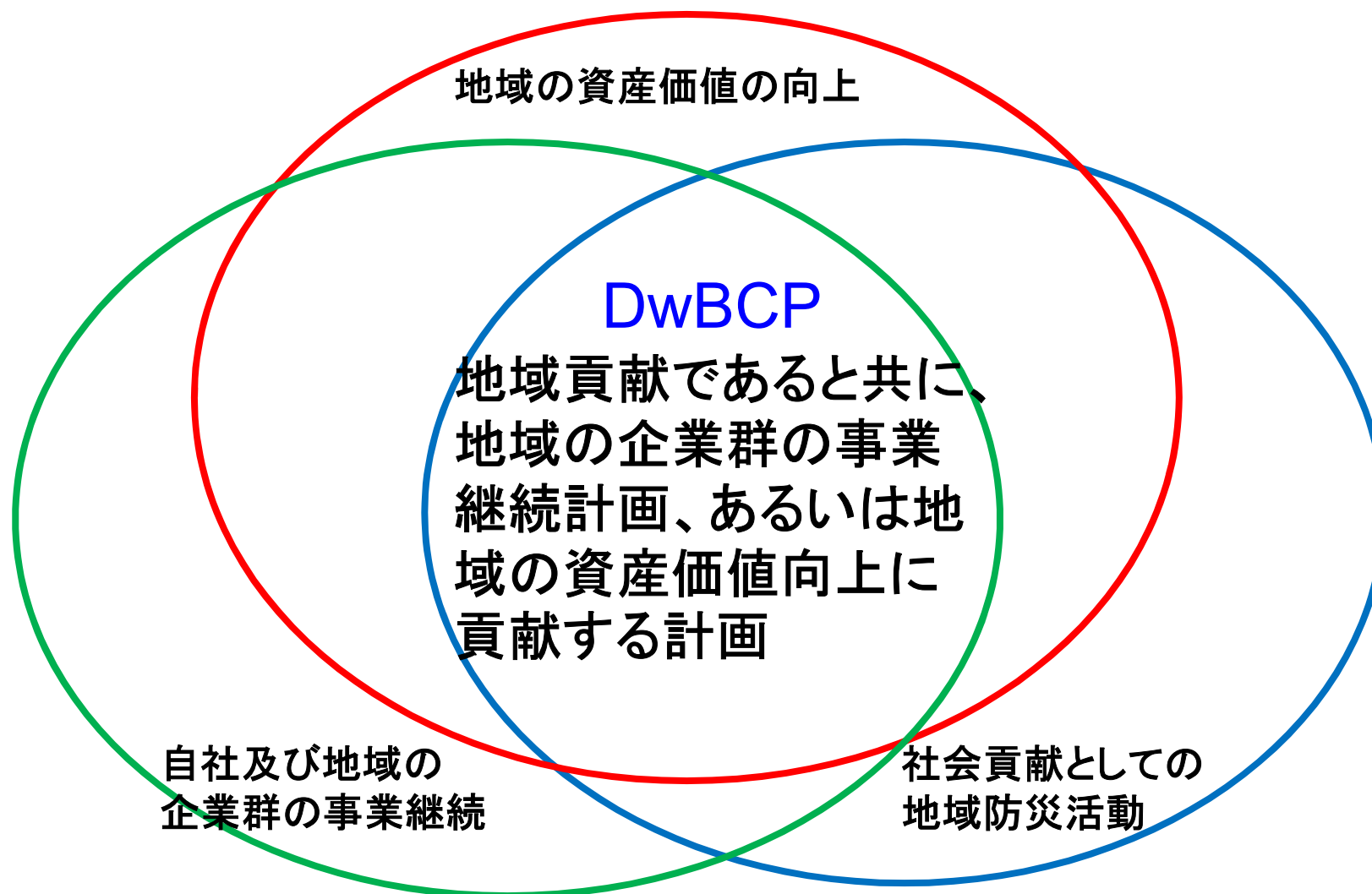
西川 智



# CBD(中心業務市街地)のレジリエンスに向けた活動の背景

- 区市による防災行政は「常住人口」を優先
- 中心業務市街地では、昼夜間人口の格差大
- 帰宅困難者の大量発生を懸念(行政は手が回らない)
- 個社のBCP責任者の孤立の回避、近隣との勉強会
- 個社の従業員の安全確保のための選択肢の拡大
- 個社のBCPを追求する過程で「事業所は宙に浮いていない」ことを認識
- 個社のBCP実行のためのより良い外部環境の働きかけ
- 大規模区画所有者(不動産会社)によるイニシアチブ

# District-wide Business Continuity Planning (地域ぐるみBCP)の提案



# District-wide Business Continuity Planning の実現に向けて

- ①きっかけづくりの重要性
- ②合意形成過程の重要性
- ③地域の企業のBCPとの連携の重要性
- ④関係主体の参加動機の確保の重要性

参考文献:

西川智、紅谷昇平、永松伸吾、野中昌明;「業務商業地におけるDCP実現に向けた企業参加による地域防災活動」2007地域安全学会梗概集

白木渡、西川智、指田朝久;「座談会:大規模地震に備える;地域継続力向上を目指して」Civil Engineering 土木学会誌2011年10月

# DwBCP(地域ぐるみのBCP)への取組事例

都心業務地区：帰宅困難者対策が契機、訓練から入る

大丸有  
汐留  
飯田橋  
.....

帰宅困難者の一時収容、トイレ、来街者への  
情報提供  
医療救助訓練、備蓄、

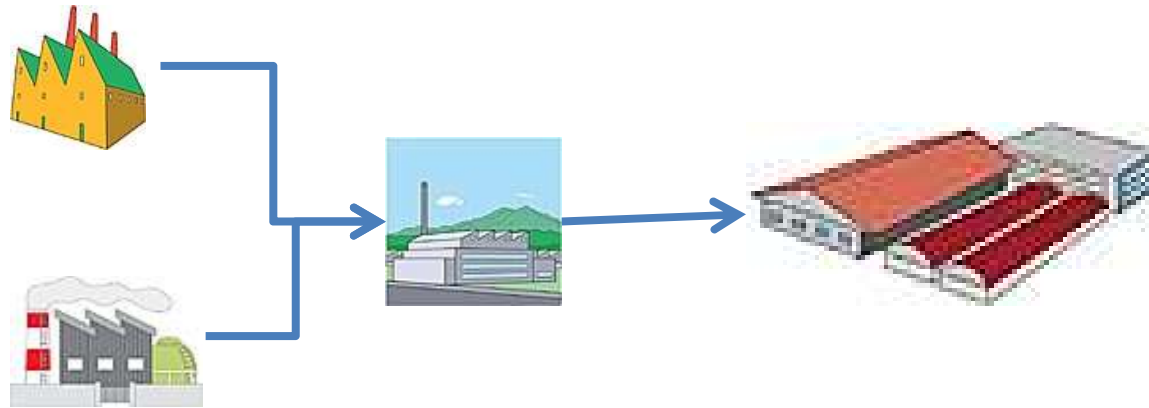
工業地区：常住人口がない産業団地での自衛のための  
共助、各社BCP担当者の共同勉強会から入る

三河港明海地区  
愛知県碧南市臨海部  
岐阜県可児工業団地  
.....

堤外地での従業員の津波避難方策、  
早期操業再開のための機材の融通  
ライフライン提供者への要求、  
資源の確認

# サプライチェーンを考慮したBCのための リスク分析手法が必要！

複数の拠点での生産物が最終的に組み立てられて製品となる業態の場合



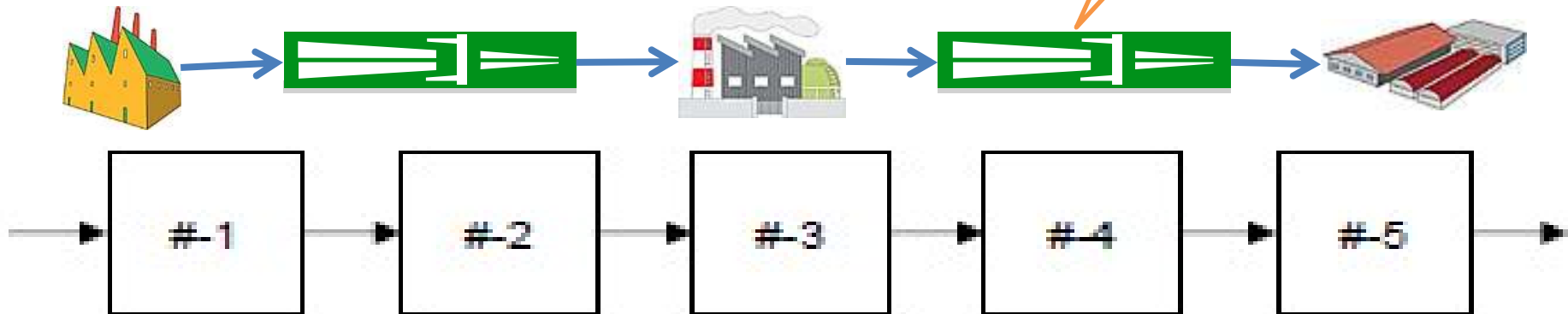
- 各拠点が被災する確率、各拠点の停止期間  
+
- それらを組合わせたサプライチェーンの  
事業再開までの所要時間を考慮する必要有り

# 様々な操業形態のサプライチェーンへの応用 その1

## • 拠点間を結ぶ輸送路の考慮

- 3拠点で構成される直列型サプライチェーンの場合、3拠点間の2輸送路も「拠点」とみなし、地震発生時の被害レベルに応じた復旧日数を設定し、計量化

これも実は大事な  
サプライチェーンの  
要素



東日本の内陸部の工場での被災例と再開時間をもとに、各拠点のリスク定量評価が可能  
東日本の工場の再開例、道路の供用開始例をもとに、具体的なリスク定量評価が可能

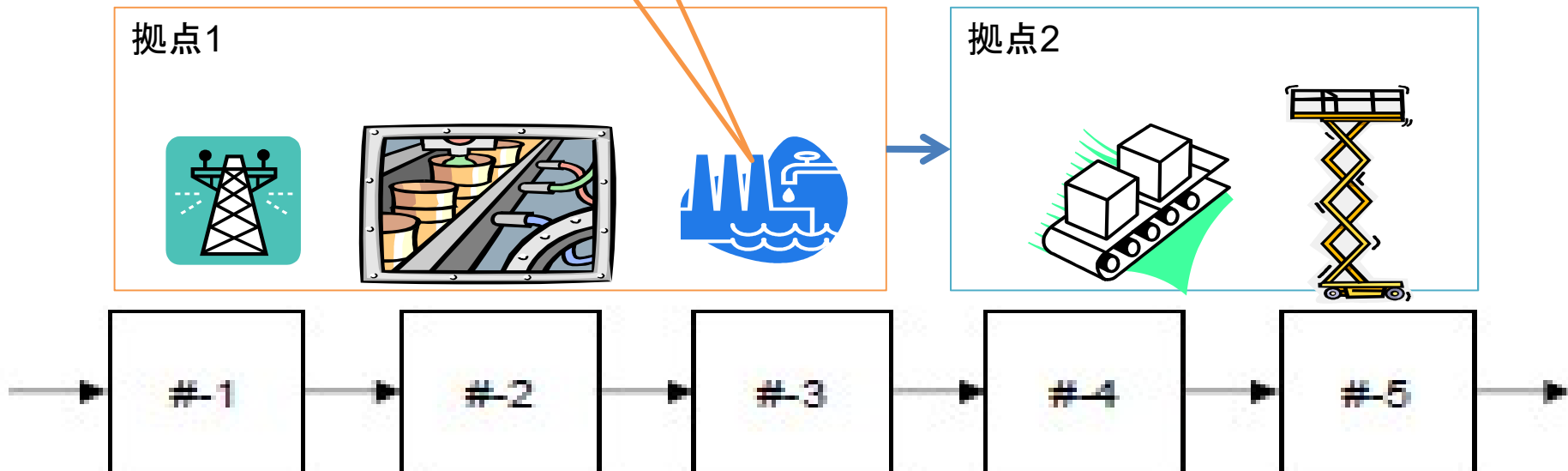
# 様々な操業形態のサプライチェーンへの応用

## その2

これも実は大事な  
サプライチェーンの  
要素

### • 拠点内の業務停止要因を分解して考慮

- 生産拠点が2であっても、それぞれの操業再開には、生産設備の他に、上下水道やエネルギー供給といった複数要素を考慮し、地震発生時の被害レベルに応じた復旧日数を設定し、計量化



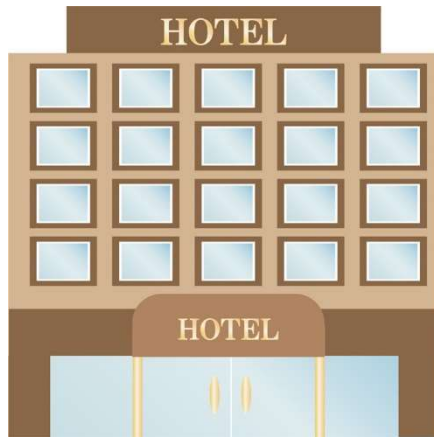
東日本での電気・ガス・水道の再開例をもとに、具体的なリスク定量評価が可能





# 限られた復旧資源の奪い合い

## 2004年10月西川の新潟での実体験



〇〇電力が  
1ヶ月1棟丸  
ごと完全予  
約

〇△保険が営業所  
丸ごと1ヶ月予約



△△ガスが1ヶ月1棟  
丸ごと完全予約

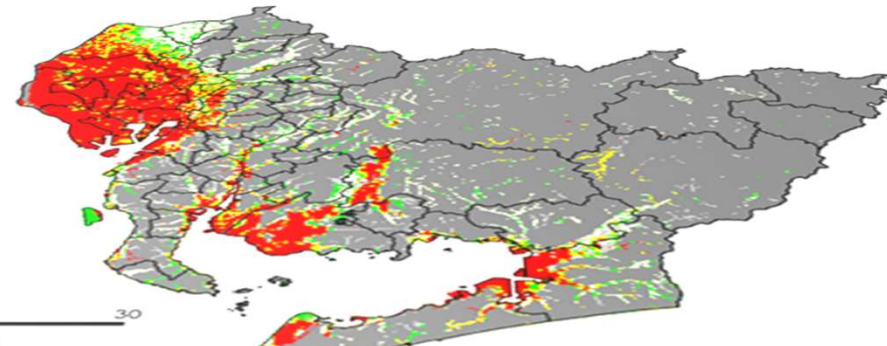
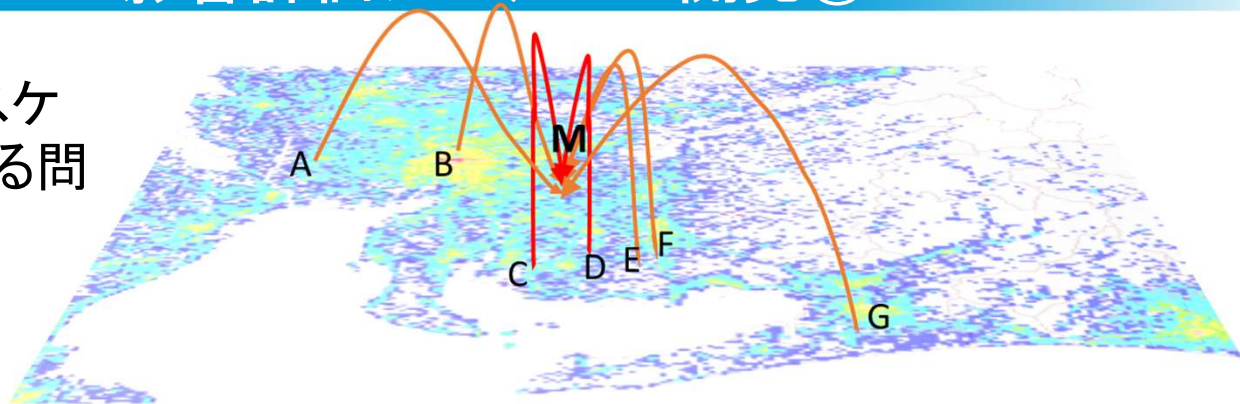
初動対応が終わり、ふと我に返ると、今夜の宿がない！ やっとの思いで、屋根裏部屋に宿泊

**新潟中越地震ですら、こんな困り込み、南海トラフでは？**



## 2. 地域の経済活動への影響評価システムの開発①

資源が制限される中でスケジューリングを最適化する問題を解く



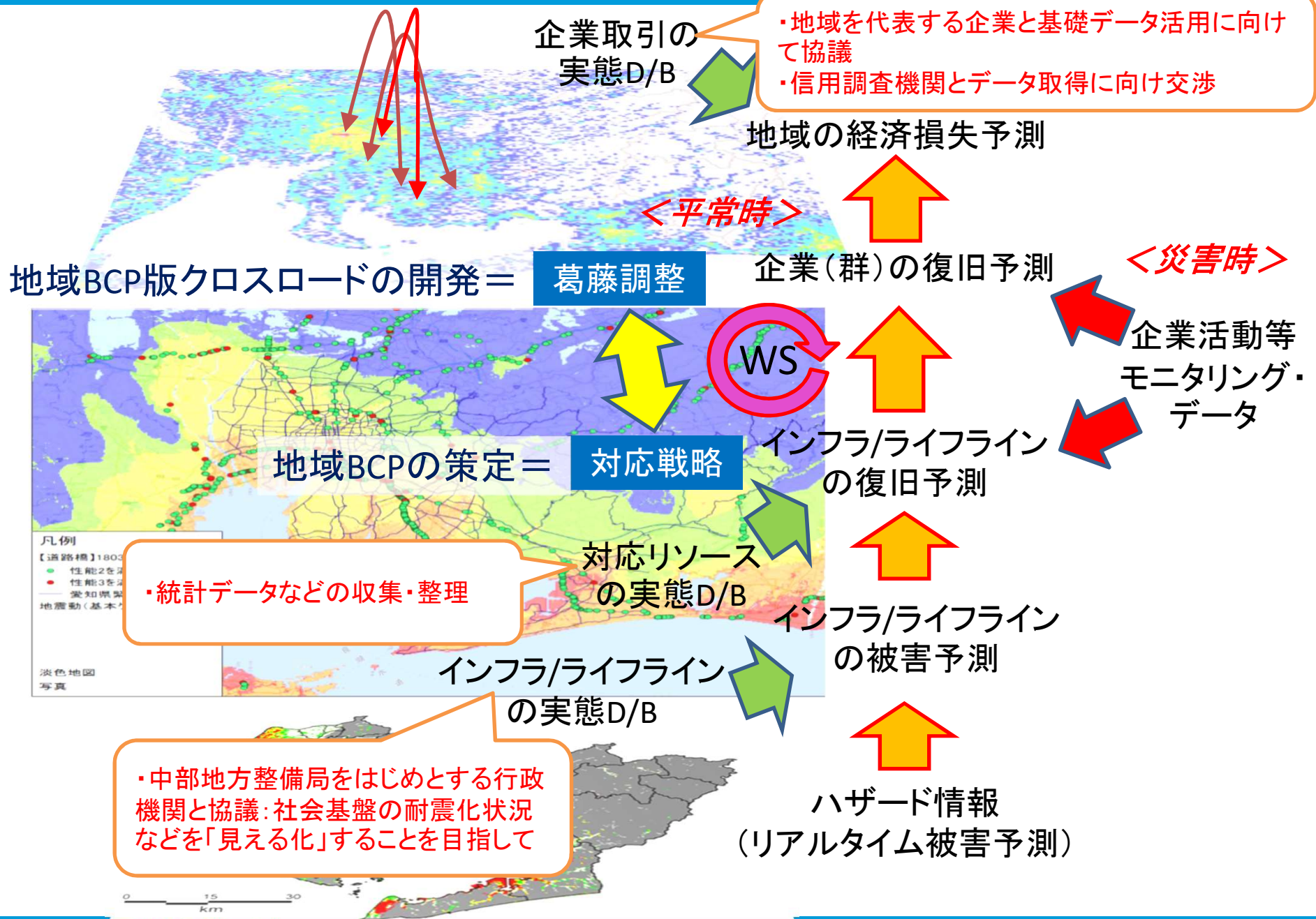
それぞれが独立して復旧作業にかかるとう事業者を十分に確保できず、それぞれの復旧に時間を要することに・・・



優先順位を決め、十分な事業者を適切に充てることで復旧時間を短縮すれば、結果として全体としても復旧が早くなる

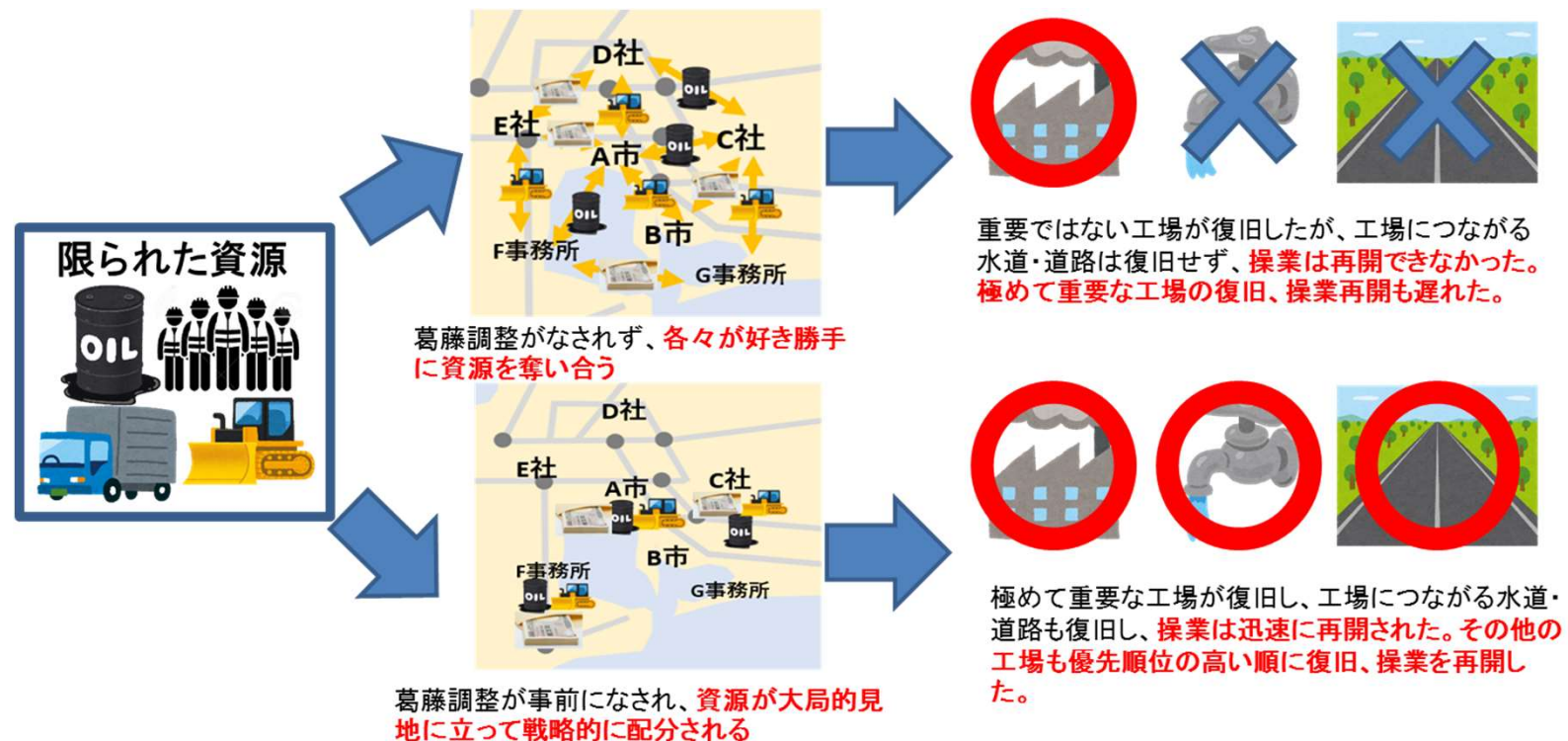
→道路やライフラインの復旧順についてもこの戦略を考慮することで地域の復旧の効率化がはかれる

## 2. 地域の経済活動への影響評価システムの開発②



### 3. コンフリクト解消手法(地域BCP版クロスロード)の開発

- 広域被災の早期復旧において課題となる、多数・多岐にわたる関係者間の葛藤関係を調整し、互いの意思決定をコーディネートする「葛藤調整」(コンフリクト・マネジメント)を機軸とした地域BCP策定のための手法形成
- インフラ・ライフライン復旧に関わるステークホルダーの行動(選択)を、(非)協力ゲームに関するゲーム論理論、行動経済学の観点から解析
- 葛藤調整なしの非協力解と葛藤調整ありの協力解、それぞれが実現した場合に生じる影響を予測・評価するための、経済活動に対する影響評価システム(マクロ的な経済動態を予測するシミュレーション・システム)を構築

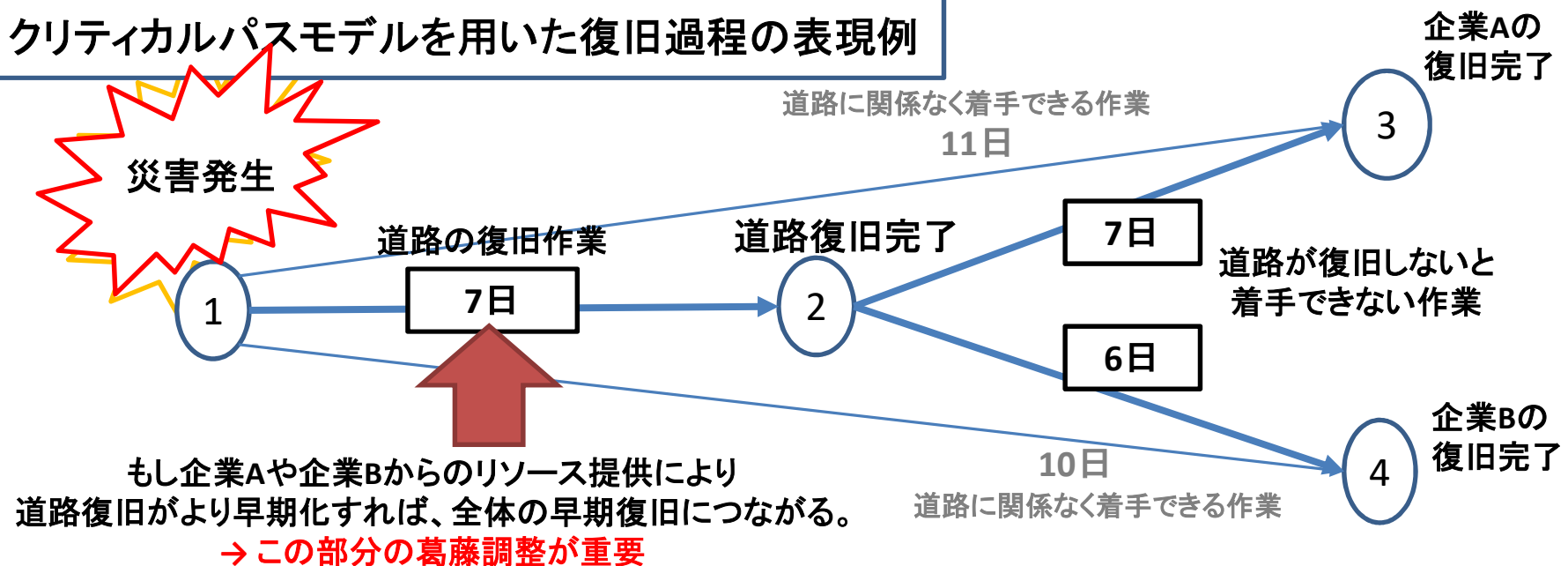


### 3. コンフリクト解消手法(地域BCP版クロスロード)の開発 経過報

- 復旧過程で生じる葛藤について、**インフラ間の相互依存関係や経済的インパクトに関する研究成果**を体系的に収集し、知見の整理を開始(例:電力途絶による操業レベル低下が顕著→電力復旧の優先順位に関する葛藤調整※<sup>1</sup>)
- クリティカルパスモデル等を用いて、「**葛藤調整なしの非協力解**」vs「**葛藤調整ありの協力解**」の差異を予測・評価するための**影響評価システムとコンフリクト・マネジメントツール「クロスロード(地域BCP版)」**の開発に着手
- 熊本地震時の交通状況に関するプローブデータや大阪北部地震時の通信データなどを解析し、葛藤調整に有用な**リアルタイム・ビッグデータの解析手法を開発する作業を開始**

※<sup>1</sup>梶谷・横松・多々納・安田(2013)東日本大震災後の電力供給不足に対する産業部門のレジリエンス, 土木学会論文集 D3, 69(5)

#### クリティカルパスモデルを用いた復旧過程の表現例



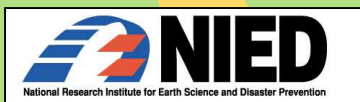
# 【実施体制】 産業界及び各行政機関と連携して実施

研究開発チーム



研究責任者：西川智  
社会実装責任者：新井伸夫  
実施項目：研究統括及び、  
地域被災シナリオ作成、地域  
BCP作成、統合システム開発

広域経済早期復旧  
戦略立案手法の開発



主たる共同研究者：藤原広行  
社会実装担当者：高橋郁夫  
実施項目：広域概観版経済被害  
予測システムの開発



主たる共同研究者：矢守克也  
社会実装担当者：大西正光  
実施項目：葛藤調整解決手法開発

データ提供や  
被害の影響連鎖や  
復旧戦略に関する  
意見交換

あいち名古屋強靱化共創センター  
名古屋都市センター  
西三河防災減災連携研究会  
三重県北勢地域連絡会  
国の地方出先機関  
〔中部地方整備局、中部運輸局〕  
〔中部経済産業局〕  
中部圏社会経済研究所

## 研究協力機関 《産業界》

名古屋商工会議所  
中部経済連合会

中部電力  
東邦ガス  
NTTドコモ  
出光興産  
昭和四日市石油  
新日鉄住金

AGC旭硝子  
日本通運  
名港海運

NEXCO中日本  
JR東海

トヨタ自動車  
豊田自動織機  
アイシン精機  
デンソー  
愛知製鋼 etc...

リアルタイム地震・防災  
情報利用協議会  
セコム

イオン  
東京海上日動  
が新規に参加  
他の企業とも  
交渉中

## 実施計画のブラッシュアップと取り組みのスタートの状況

- **社会実装イメージの明確化**
  - 災害時に政府の現地対策本部等に判断支援情報を提供
  - 企業や自治体の個別あるいは集団BCP訓練に多様なシナリオ提供
- **システム開発の体制強化：外部有識者の取り込み**
  - 広域経済被害予測の手法を検討するにあたり、国内トップクラスの有識者による**アドバイザリー会議**を立ち上げ
- **研究開発チームの視野・視点の拡充**
  - システム工学、経済分析やAIを専門とする研究者が参画
    - 名古屋大学：ユビキタスコミュニケーション研究グループ
    - 京都大学：IIASAの研究者
  - 大手企業の生産管理専門家との情報交換
    - 生産活動（物流含む）にかかる基礎データをもとに検討を
- **研究チームとして連携ミーティングを開催**
- **関係機関との意識共有の取り組み実施**
  - 11月11日：愛知県知事ほか、12月26日：西三河の行政を主体として

# 産官学協働による広域経済の減災・早期復旧戦略の立案手法開発

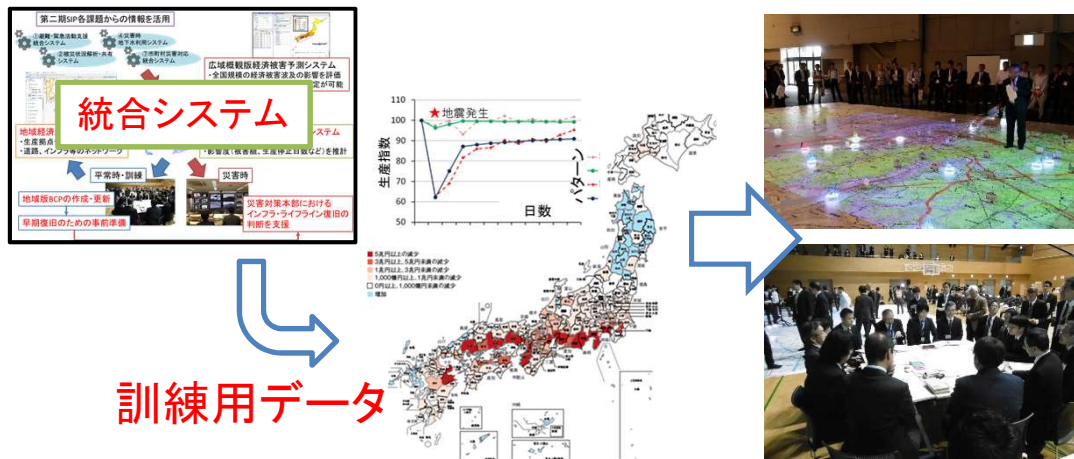


プロジェクト後も上記サイクルを繰り返し実施できるよう、検討の場の構築、検討手法の標準化を図り、あわせて判断を支援する統合システムの開発を実施。



# 社会実装イメージ

## 事前準備



訓練用データ

中部産業界や中部経済産業局において地域BCP(=地域としての災害復旧戦略)を検討する支援ツールを提供

## 災害発生時



統合システムをあいち・なごや強靱化共創センターにて運用可能な状態に整備し、災害発生時には、中部地方整備局における判断を支援

名大減災館と中部地整の専用長距離無線LAN経路での同時情報共有による復旧活動支援

# 研究開発のロードマップ

