

合同セミナー
「サプライ・チェーン・リスク管理と人道支援ロジスティクス」
東京海洋大学
2013.7.04

東日本大震災の緊急支援物資輸送 における課題と対策

花岡伸也
東京工業大学

hanaoka@ide.titech.ac.jp

概要

1. 近年の世界の自然災害
2. Humanitarian Logistics（人道支援ロジスティクス）の特徴
3. Humanitarian Logisticsの既往研究と改善
4. 東日本大震災の緊急支援物資輸送における課題と対策

国際的な自然災害の増加

スマトラ沖大地震・津波
2004/12/26



このとき世界的に
“Logistics is a concern issue”
と認識された。

ハイチ大地震
2010/1/12

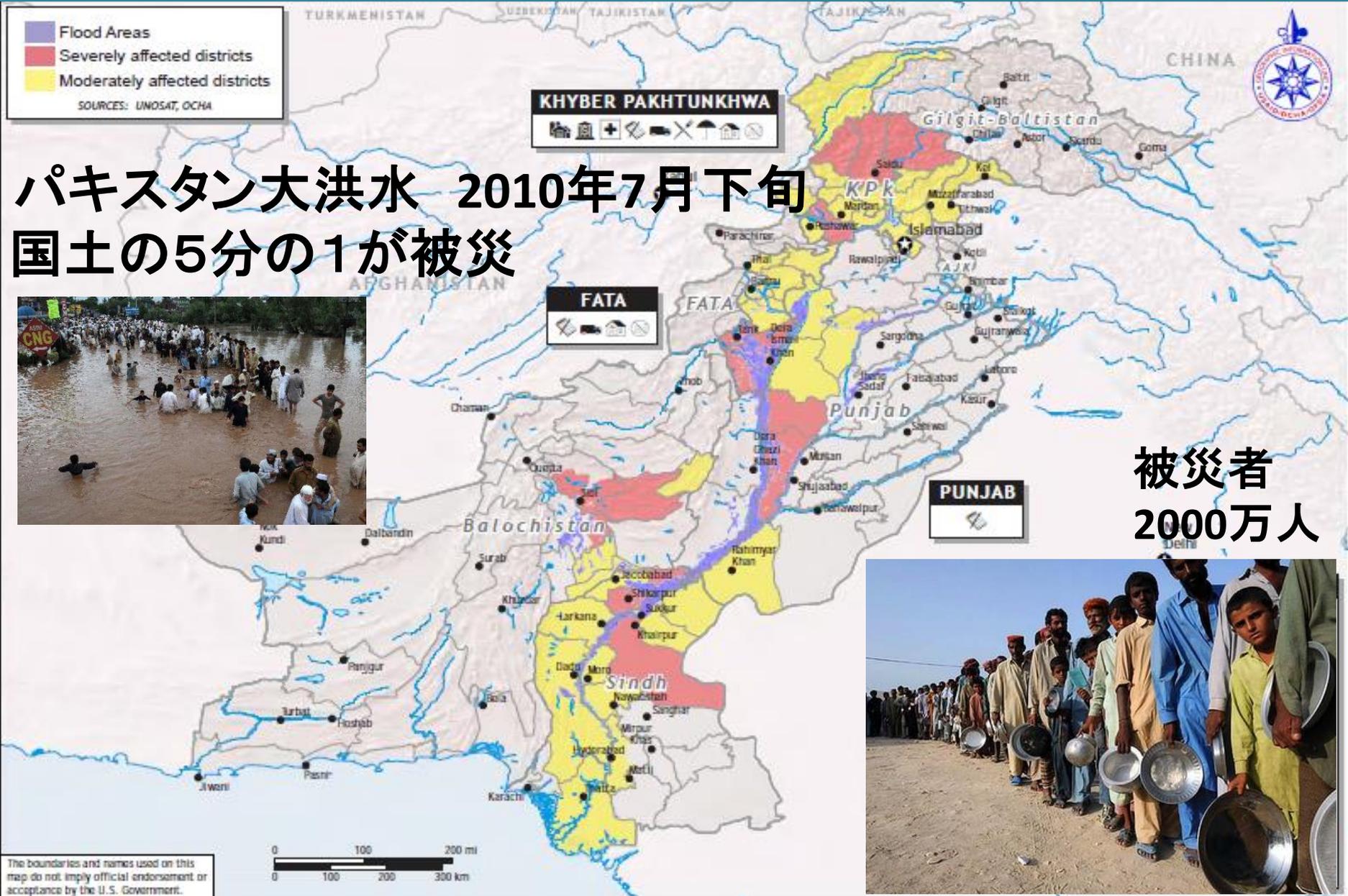


不十分なロジスティクスマネジ
メントの露呈

国際的な自然災害の増加

Flood Areas
Severely affected districts
Moderately affected districts
SOURCES: UNOSAT, OCHA

パキスタン大洪水 2010年7月下旬
国土の5分の1が被災



被災者
2000万人



近年の自然災害の種類

種類	場所・年
地震	Pakistan 2005; China 2008; Haiti 2010.
津波	Indian Ocean 2004; Japan 2011.
洪水	Pakistan 2010; Bangladesh <many times>.
干ばつ	Africa <long term>
台風 (Hurricane, Cyclone, Typhoon)	Myanmar (Nargis) 2008; Bangladesh 2007; USA (Katrina) 2005.
熱波	Europe 2003.
火山爆発	Chile 2011.
昆虫来襲	Liberia 2009; Philippines 1995.
山火事	California 2007.
地滑り	Kyrgyzstan 2004.
紛争	Libya 2011; Afghanistan 2001-; Israel- Palestine <long term>.

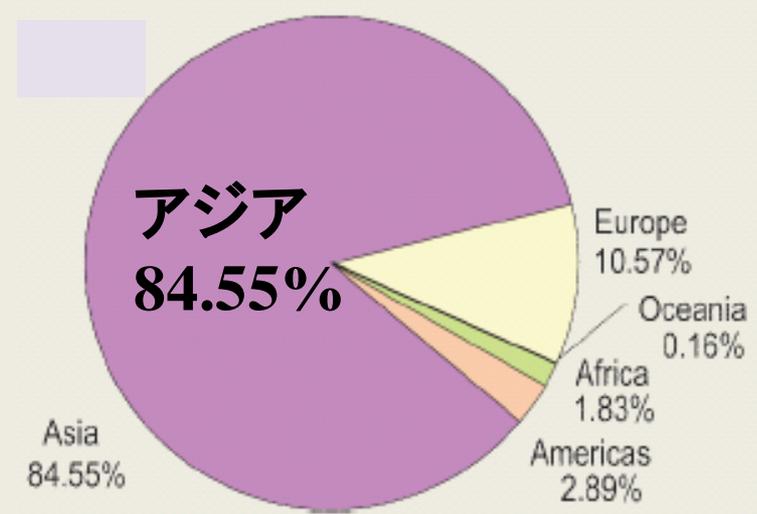
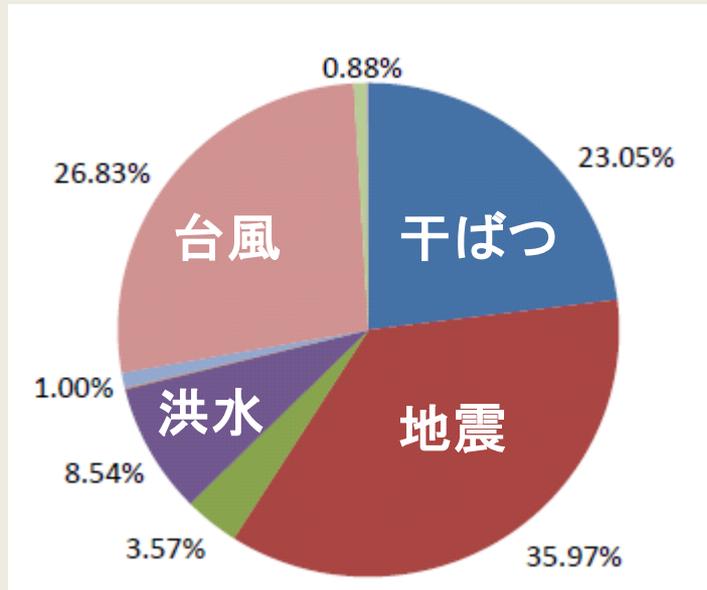
21世紀自然災害死者数上位20

国・地域	日時	死者数	災害
スマトラ沖	26/12/2004	227,898	地震・津波
ハイチ	12/1/2010	222,570	地震
ミャンマー	2/5/2008	138,366	サイクロン
中国(四川省)	12/5/2008	87,476	地震
パキスタン	8/10/2005	73,338	地震
ロシア	July -2010	55,736	熱波
イラン	26/12/2003	26,796	地震
日本	11/3/2011	(20,000?)	地震・津波
イタリア	Jul-2003	20,089	熱波
インド	26/01/2001	20,005	地震
フランス	Aug-2003	19,490	熱波
スペイン	Aug-2003	15,090	熱波
ドイツ	Aug-2003	9,355	熱波
インドネシア	27/5/2006	5,778	地震
ハイチ	Oct-2010	4,787	コレラ(地震後)
バングラデシュ	15/11/2007	4,234	サイクロン
中国	14/04/2010	2,968	地震
ハイチ	17/09/2004	2,754	サイクロン
ポルトガル	Aug-2003	2,696	熱波
ハイチ	June -2004	2,665	洪水

自然災害死者の内訳

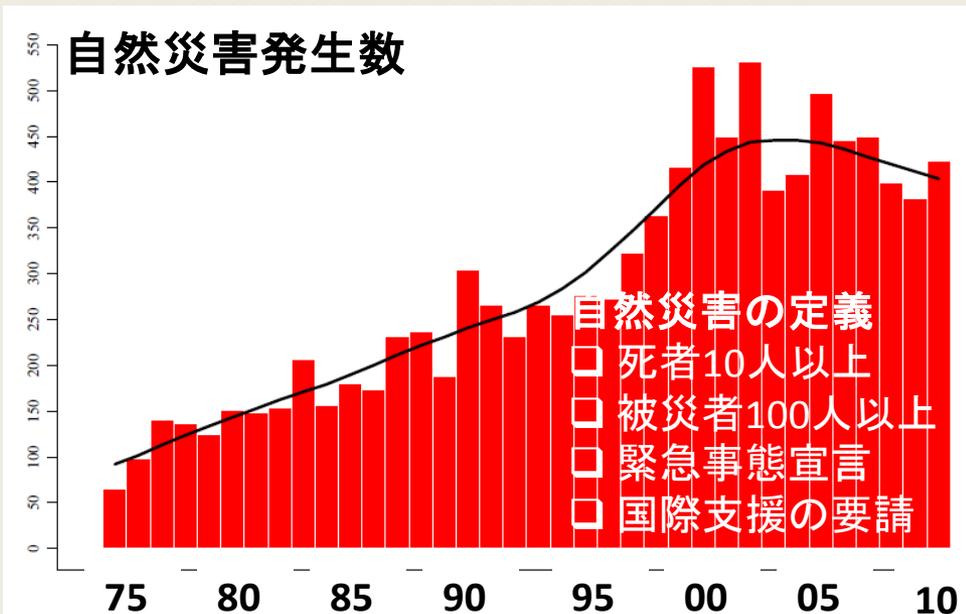
災害種類別死者割合 1970-2009

災害地域別死者割合 2000-09



- Drought
- Flood
- Mass Movement Wet
- Wildfire
- Earthquake (seismic activity)
- Insect Infestation
- Storm
- Extreme temperature
- Mass Movement Dry
- Volcano

Source: EM-DAT database



Humanitarian logistic (HL) とは

Humanitarian Logistics

is the processes and systems involved in mobilizing people, resources, skills and knowledge to help vulnerable people affected by natural disasters and complex emergencies. (Fritz institute)

人道援助ロジスティクスとは、
自然災害や緊急事態（紛争など）に被災した人々を支援する
ため、人々・資源（物資）・技術・知識を実施・管理する過程・
システム。 → 被災者支援を目的としたロジスティクス

必要な物資を、必要な量だけ、必要な場所に、必要なタイミングで供給することが要求される。

WFP 6R Aim: **R**ight product, in the **R**ight quantity, at the **R**ight place, at the **R**ight time, at the **R**ight cost, and in the **R**ight condition

通常のロジスティクスとHLの違い

ロジスティクス(ビジネスロジスティクス)の定義

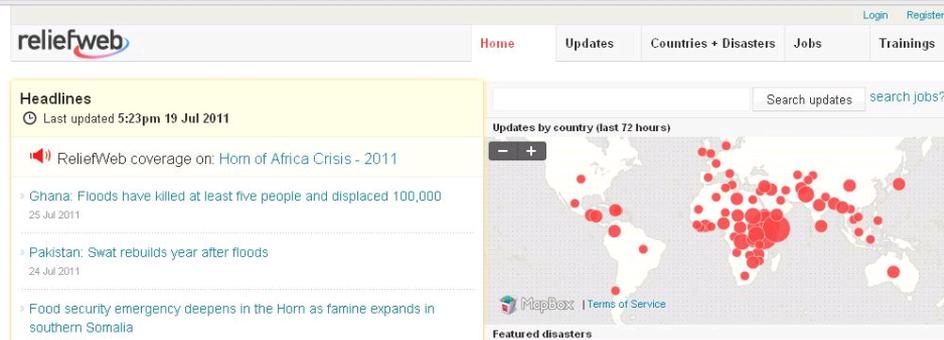
顧客の要求を満たすために、発生地点から消費地点までの効率的・発展的な「もの」の流れと、保管, サービス, および関連する情報を計画, 実施, およびコントロールする過程.

	ロジスティクス	人道援助ロジスティクス
目的関数	費用最小化 利益最大化	輸送時間(リードタイム)最小化 需給マッチング最大化
制約条件	時間・施設容量	時間・施設容量 遅延ペナルティ高=埋没費用
需要	予測可能	予測不可能
意思決定構造	垂直関係, 水平関係	複雑, 多数関係者
ネットワーク	固定・多選択肢	断絶・少選択肢
期間	継続的	一時的, 不連続

HL関連の国際組織

OCHA (UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs)
人道問題調整事務所 1991年設立. 人道援助活動の調整.

ReliefWeb
reliefweb.int



UNHRD (United Nations Humanitarian Response Depot)
人道緊急支援基地 2001年設立.
緊急対応支援の物流・備蓄拠点.



WFP (World Food Program)
世界食糧計画 1961年設立
船40隻, 60航空機, 5000トラック保有

Fritz Institute
災害復旧支援のNGO
Certification in Humanitarian
Logistics course

FEMA (US)
Federal Emergency
Management Agency

段階的自然災害対策

1. Mitigation: 軽減 > 防災インフラ整備等

2. Preparedness: (事前)準備

GARD (Get Airport Ready for Disaster): DHL+ UNDP

LETs (Logistics Emergency Team) = Agility+ UPS+ TNT +WFP

ALAN (American Logistics Aid Network)= American group

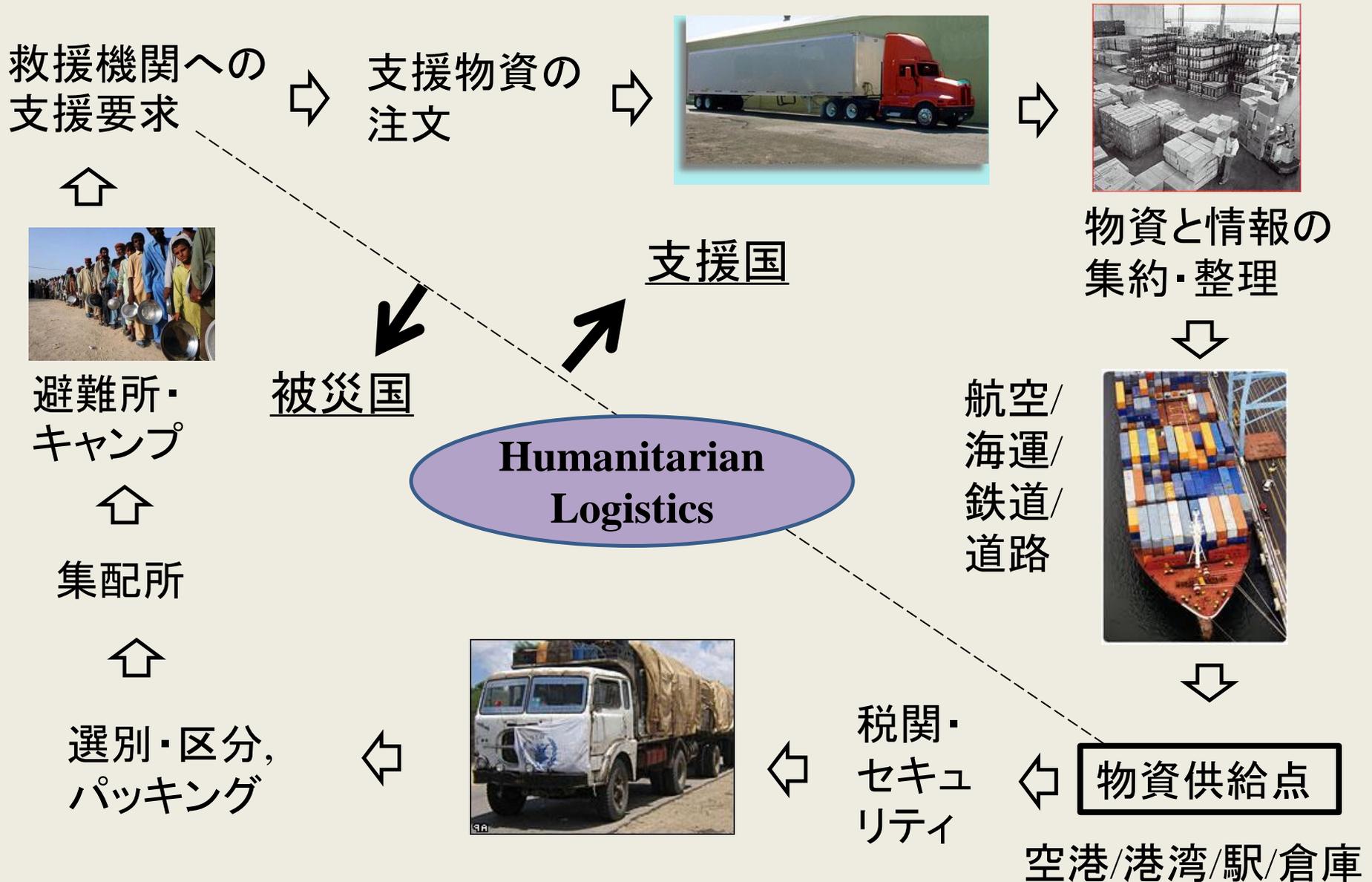
その他: リスク評価, データ収集方法開発, レスキュー人材育成, 防災訓練, 社会意識向上, etc.

3. Response: 対応 > HLのAction

4. Recovery: 復旧・復興

Source: FEMAに基づき作成

支援物資供給のフロー(途上国の場合)



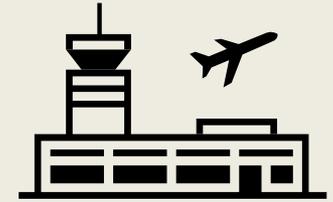
Source (modified): America Relief Team, 2011

Humanitarian Logisticsの要素

1. 需要管理:

需要把握・予測, 輸送タイミング, 情報管理と一元化の困難性

→ 不要物資在庫問題, 不適切物資
支援の公平性(宗教問題, 部族問題)



2. ノードとリンクの容量:

ノード: 空港, 港湾, 駅, 倉庫など

リンク: 海路, 道路, 線路など

3. 輸送機関選択: 空路, 海路, 陸路(鉄道, 道路)

4. ルート選択・スケジューリング

5. 災害復旧期別の対応策



HLに関する既往研究

1. ルーティング・スケジューリング問題

-Knot (1987), Balick and Beamon (2008), etc

2. パフォーマンス評価

効率的な資源配分, 有効的な生産活動, 環境適応性などの基準を用いた人道支援ロジスティクスの評価 (ex. 商業物流と人道支援物流の評価基準の違い)

-Davidson (2006), Beamon and Balick (2008), etc

3. 需要予測

物資需要の不確実性に対して, 数理モデルを用いて最適な資源計画の決定 (ex. 大規模災害における人道支援ロジスティクスのための動的需要管理)

-Fiedrich et al. (2000), Sheu (2010), etc

4. 施設配置問題

輸送時間を重視した救援物資配送センターの配置, 数量の決定

-Jia (2007), Balick et al. (2008), etc

HLに関する既往研究

5. 在庫管理

最適注文量と再注文点決定モデル

-Beamon and Kotleba (2006), Whybark (2007), etc

6. 対応ガイドライン策定

ケーススタディを用いた災害時の対応フレームワークの提案(ex. モンテカルロシミュレーションを用いたresponse modelの改良)

-Jennings et al (2000), Banomyong and Sopadang (2010), etc-

7. 協力体制

公的機関, 民間機関などの多機関における協力の重要性

-Van Wassenhove (2006), Schulz (2008), etc

HL改善に向けて

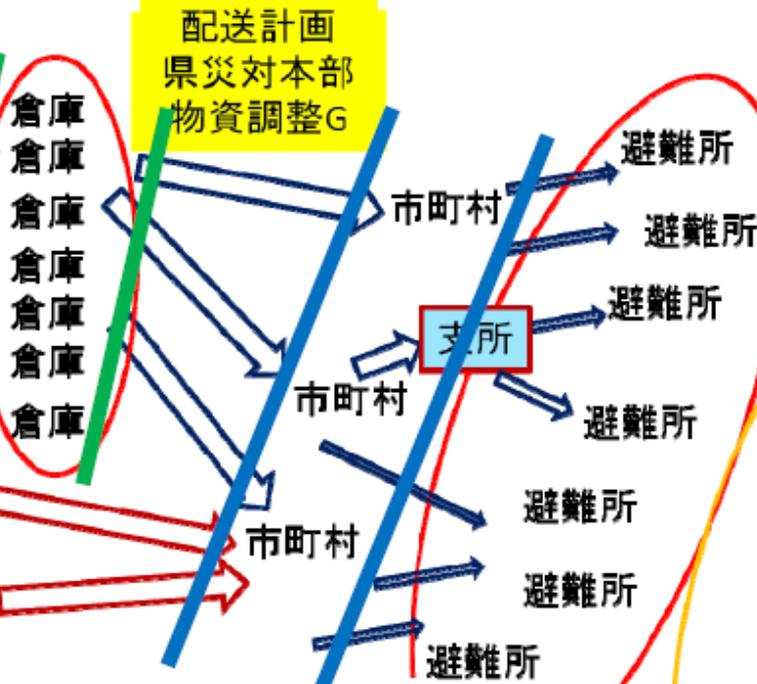
1. 交通インフラ容量・ボトルネック対策
 - 災害再発に備えた, インフラ整備
2. 災害時の支援物資需要予測手法
 - IT技術を活用した手法
3. 現地機関・組織の初動対策
 - 途上国では現地機関・組織は災害への対処が未経験.
初動時は現地組織の対応が極めて重要
4. 空港・港湾が不能・容量不足のときの対策
 - 既存代替空港, 代替輸送機関など
5. “Last Mile”輸送
 - 被災者に支援物資を届ける”Last Mile”輸送の課題.
現地企業的能力に依存.

緊急支援物資の流れ(宮城県)

トラック協会
倉庫協会
物流専門家
受け入れ
在庫管理

外国
政府
各県
企業
市町村

企業
市町村



避難所から
脱出し増加
している

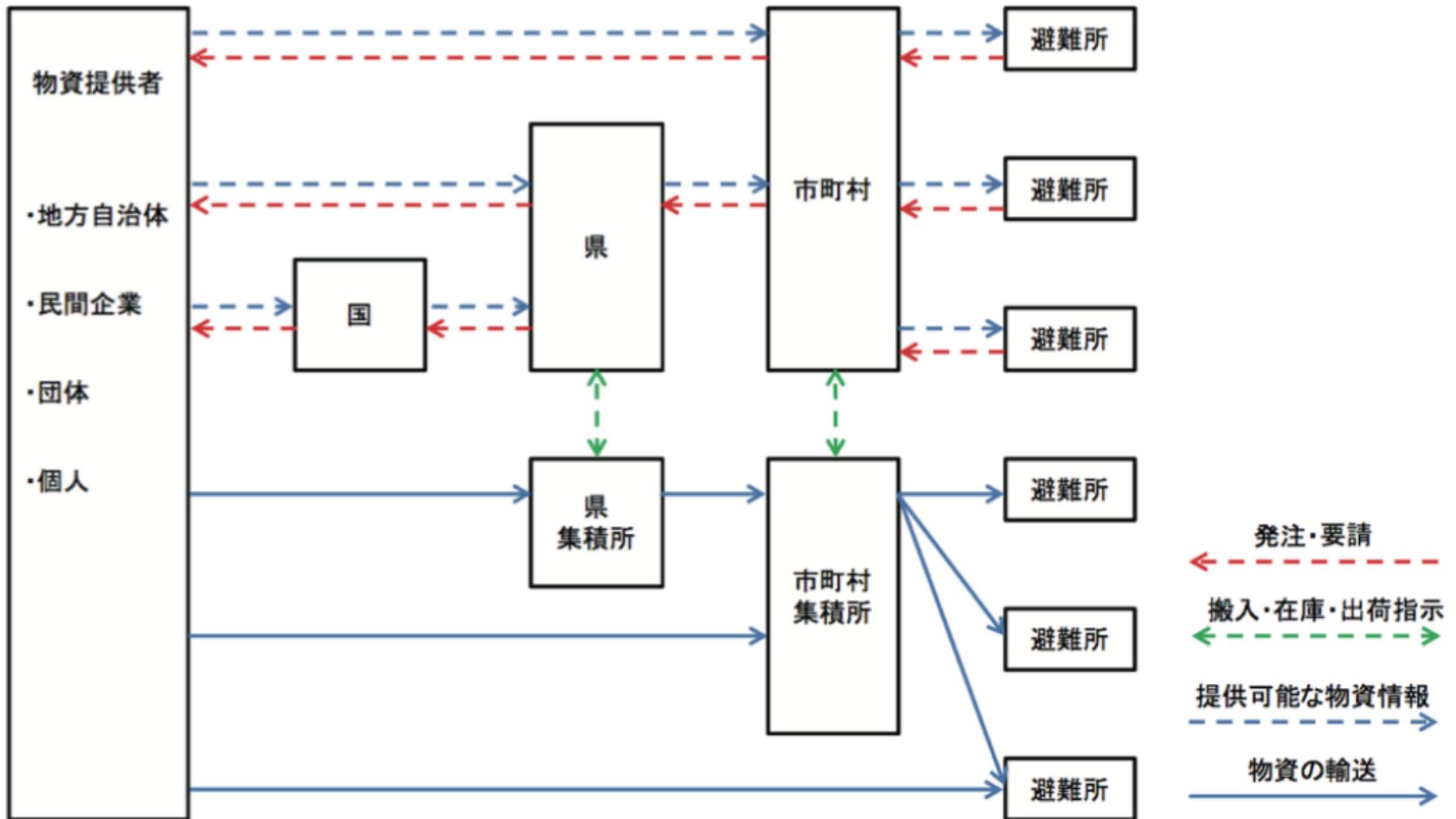
自宅避難
自宅避難
自宅避難
自宅避難
自宅避難
自宅避難
自宅避難

混乱する現場
断片情報への警戒感



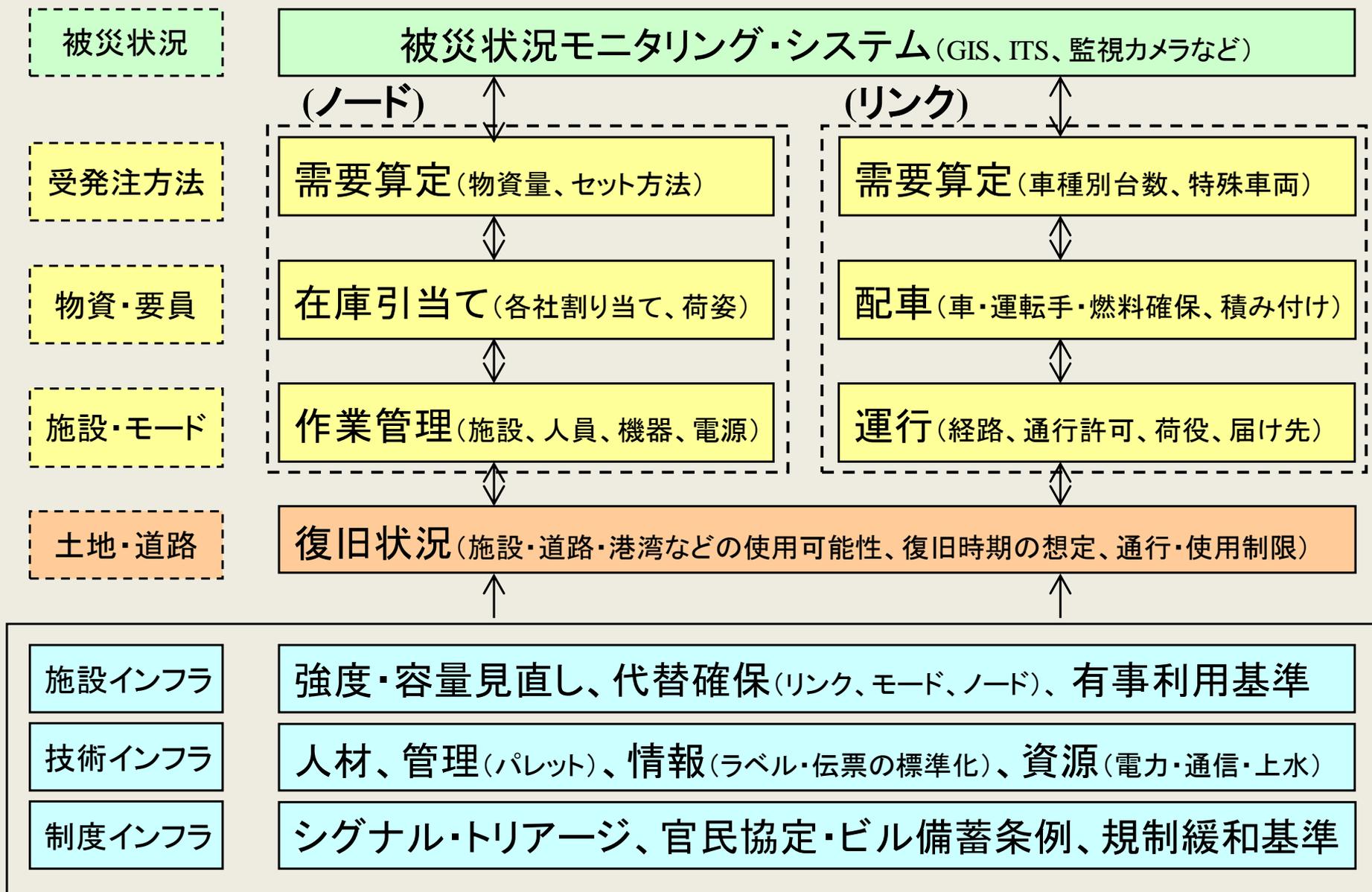
南三陸町
ベイサイドアリーナ

支援物資のフロー(国内)



[出典] 福本・井上・大窪 (2012)

被災時の救援物資のロジスティクス



需要算定

課題

1. 避難所に関する場所や避難者数等の状況把握が困難
2. 不慣れな職員による発注ミス等

対策

1. 避難所の状況把握ができない災害初期においては、プッシュ型・セット化輸送で被災者の需要に対応
2. 物流事業者による情報共有システムの構築や需要予測システムの構築
3. 物流に不慣れな職員でもミスや混乱が起きないように、物資調達・輸送発注様式の改良と統一

東北大学ロジスティクス調査団(団長: 桑原雅夫・東北大学教授)による分析

在庫引当

課題

1. 災害後72時間の物資を補う備蓄在庫の多くが津波により使えなかった
2. 情報通信の途絶等により情報共有がうまくできない中で、避難所の被災者ニーズの変化に対応することは困難を極め義援物資等の大量の不要物資が発生

対策

1. 情報通信手段の確保および情報共有システムの構築
2. 非常用救援物資の備蓄量および供出可能量の把握および速やかな発送体制
3. 被災者のニーズ変化や不要物資への対策としてマッチングシステム
 - 不要物資対策は本当に可能か？
 - 義援物資を断ることはできるのか？



課題

1. 津波により物流施設や集積所が被災し、輸送体制を十分整えるのに時間を要した
2. 被災地域が広域なため、支援を行なうべき近隣地域も被災していたことで遠方からの支援が必要になり支援の遅れが発生
3. 集積所に物流の専門家がない状況で大量の支援物資が到着し、倉庫の効率的な運営が行なえず物資の滞留が発生
4. 多くの営業倉庫が既存の商品で埋められており、効果的な活用ができなかった

対策

1. 事前に選定した物流拠点が使えないことを想定した被災地内外の物流拠点の把握ならびに設置
2. 第一次集積所の早期設置により物資の受け入れに対応
3. 支援物資用の在庫管理システムを用いた集積所の効率的な運営
4. 物資が十分にある状況で不要物資の流入制限
5. 十分な倉庫スペースが確保できない際はコンテナによる輸送も有効

配車

課題

1. 支援物資の輸送には車両・ドライバー・燃料のどれも欠けてはならないが、震災初期には燃料不足が発生

対策

1. 支援物資輸送にこそロジスティクスの視点が必要
2. 車両やドライバーが不足した際の、貨物別地域別輸送対応事業者窓口一覧表の作成や簡易な通信手段による手配作業
3. 鉄道や海上輸送によるインターモーダル輸送も効果的に活用
4. 燃料不足に対して政府が非常時の燃料施策を制定するべき

課題

1. 災害被害の範囲が広く地図が役に立たないような状況の中、地元卸売業者の流通経路の断絶や端末輸送で問題が発生

対策

1. 土地勘のある宅配便業者等と輸送協定を結ぶ
2. 緊急物資や緊急車両の選別(トリアージ)ならびに民間輸送と自衛隊輸送の役割分担や分担移行の基準作りが必要

制度

対策

1. 政府は有事意識への啓蒙対策を定期的 to 実施し、例外的な法令を制定
2. 災害時の指令機能の確保
3. 官民連携も含めた関係者の役割分担と連携の制度化
4. 自治体間や官民間の協定の推進
5. 物流情報・輸送・集積所の一貫運営体制の制度化
6. 災害対策基本法に基づく指定公共機関の追加