

大規模災害時の物資集積拠点における 救援物資に関する必要床面積と配置の 決定方法及びその活用方法に関する研究

東京海洋大学大学院
海洋科学技術研究科
応用環境システム学専攻
博士3年 趙潔

1

本日発表の流れ

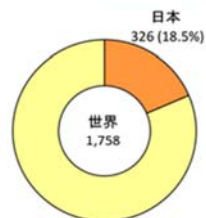
- 研究背景
- 既存研究
- 研究目的
- 検討すべき項目
- 必要床面積の推計
- 救援物資配置の決定
- 必要床面積と配置例
- 必要床面積と配置の検討結果の活用方法
- 研究結果
- 今後の課題

2

研究背景【日本の災害】

世界の災害に比較する日本の災害

マグニチュード6.0以上の地震回数



出典：USGS（世界）
2003年から2013年 防災白書（日本）
2013年 気象庁（日本）

活火山数



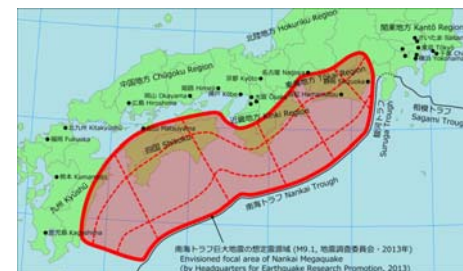
出典：スミソニアン自然史博物館（世界）
気象庁（日本）

出典：内閣府 防災ページ 平成26年版防災白書 附属資料1

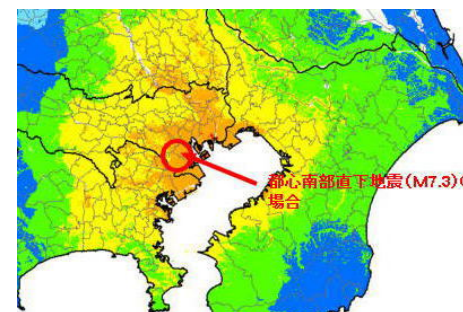
3

研究背景【予測された大規模災害】

- 南海トラフの巨大地震
今後30年間以内
発生確率70%程度



- 首都直下地震
今後30年間以内
発生確率70%程度



出典：地震調査研究推進本部

http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/kaiko/k_nankai.htm

http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/kanto/p13_1_tokyo.htm

4

研究背景【災害に関する写真】



出典: <http://www.jiti.co.jp/graph/page1106/0606t/index01.htm> 等

5

研究背景【過去の災害】

災害名	発生年・規模	人の被害	物の被害		
阪神淡路大震災	1995年 M7.3	死者	6434	住家全壊	104906棟
		行方不明	3	住家半壊	144274棟
		負傷者	43792	道路損傷	7245カ所
			橋梁損壊	330カ所	
新潟県中越地震	2004年 M6.8	死者	68	住家全壊	3175棟
		負傷者	4805	住家半壊	13810棟
				道路損傷	6064カ所
			橋梁損壊	0カ所	
新潟県中越地震	2007年 M6.8	死者	15	住家全壊	1331棟
		負傷者	2346	住家半壊	5710棟
				道路損傷	10カ所
			橋梁損壊	0カ所	
東日本大震災	2011年 M9.0	死者	19225	住家全壊	127830棟
		行方不明	2614	住家半壊	275807棟
		負傷者	6219	道路損傷	3918カ所
				橋梁損壊	78カ所

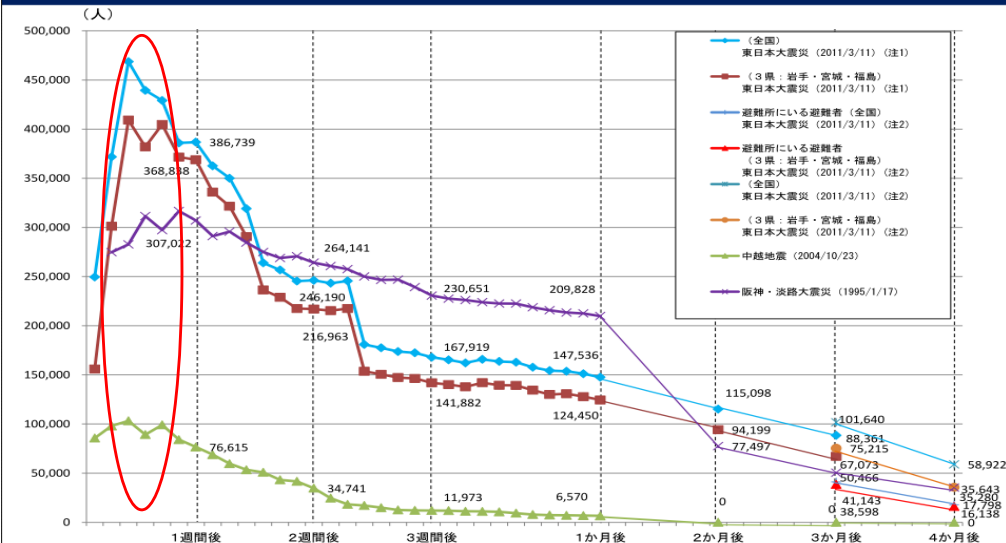
出典: 総務省消防庁のホームページ

6

研究背景【避難者】

災害における避難者数

【避難所生活者の推移】東日本大震災、阪神・淡路大震災及び中越地震の比較について

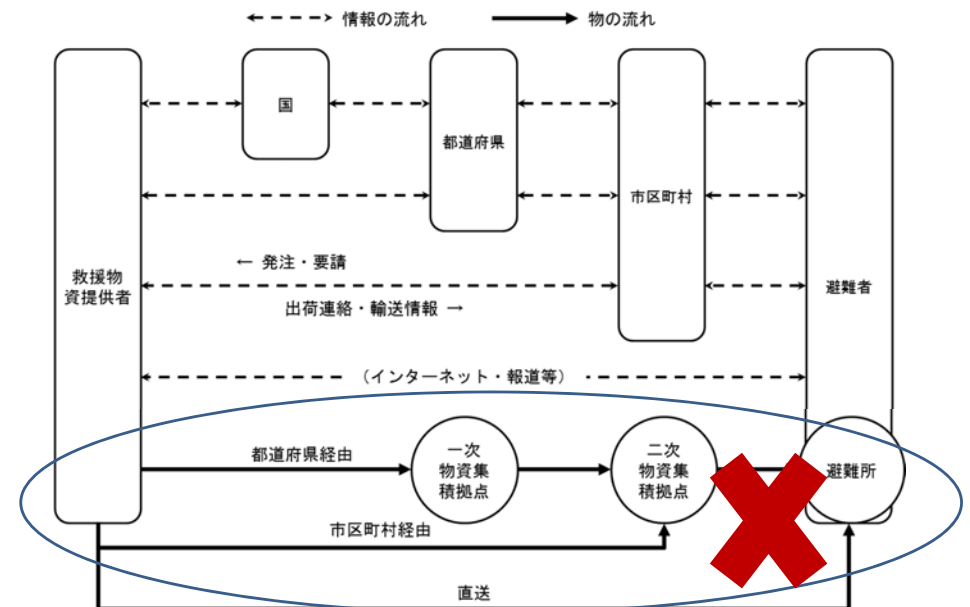


注1 警察庁は「公民館・学校等の公共施設」及び「旅館・ホテル」への避難者を中心に集計。
注2 当チームは①避難所(公民館・学校等)、②旅館・ホテル及び③その他(親族・知人宅等)を集計。
(出典) 東日本大震災に関しては警察庁の発表資料等(注1)及び当チームで行った調査結果(注2)を、中越地震に関しては新潟県HPを、阪神・淡路大震災に関しては「阪神・淡路大震災一兵庫県の1年の記録」を参照。

7

研究背景【救援物資の供給】

救援物資の流れ



出典: 日通総合研究所: 日通総研ロジスティクスレポート、No.17、2011により作成

8

既存研究【救援物資が届かない】

峯猛: 東日本大震災における救援物資供給停滞の発生と要因、物流問題研究、第56号、pp.16-21、2011
 水嶋智: 震災からの復旧・復興と交通関連施策について、運輸政策研究、Vol.15、No.2、2012
 奥村誠: 「大規模災害から学ぶ」東日本大震災からの教訓、教訓ノート3-3、pp.1-11、2011

道路の破壊及び燃料の不足の問題を指摘し、道路の耐震化の強化と早期復旧及び優先的燃料供給制度の再確立の対策を提案した。

国土交通省: 支援物資物流システムの基本的な考え方、平成23.12.2
 福本潤也・井上亮・大窪和明: 東日本大震災における緊急支援物資の流動実態の定量的把握、平成25年

情報途絶とオペレーションの問題情報通信手段の確保ために避難所、行政機関施設、物資集積拠点等において、衛星通信機器や自家発電器を配備すること、また、企業との災害協力の内容の見直し、追加の協定締結を行うことを提案している。特に、関係者間での情報共有の重要性が多くの研究で指摘されている

矢野裕児: 東日本大震災での緊急救援物資供給の問題点と課題、流通経済大学物流科学研究所、物流問題研究、No.56、2011
 渡部幹: 救援物資の課題と対応、交通工学、Vol.46、No.5、pp.64-67、2011
 及川統: 震災時における救援物資の集積所の運営方法に関する研究、Navigation、No.180、pp.103、2012.04

救援物資の滞留について、物資集積拠点(集積所)における機能低下、作業効率の悪さが多数指摘されている。

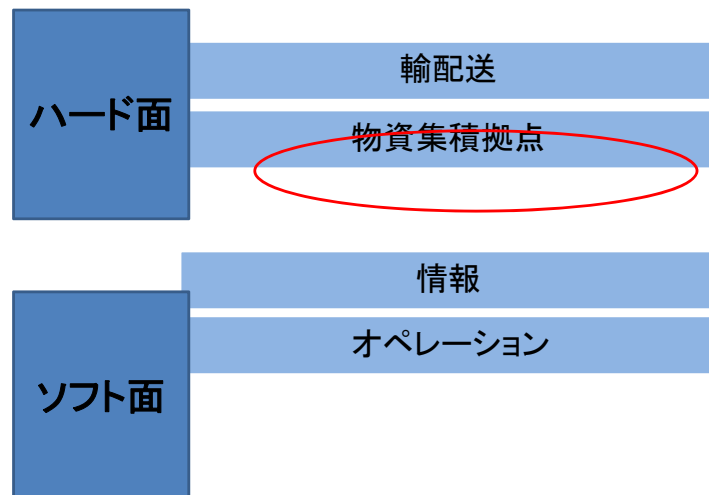
9

既存研究【リスト】

- (1) 国土交通省: 支援物資物流システムの基本的な考え方、平成23.12.2
- (2) 首都直下地震等に対応した支援物資物流システムの構築に関する協議会: 首都直下地震等に対応した支援物資物流システム、2013.3
- (3) 日通総合研究所: 日通総研ロジスティクスレポート、No.17、2011.7
- (4) 田中照久: 緊急支援物資ロジスティクスシステムの構築に向けてー東日本大震災の事例からの教訓ー、日本情報経営学会誌、Vol.32、No.2、pp.20-33、2012
- (5) 矢野裕児: 東日本大震災での緊急救援物資供給の問題点と課題、流通経済大学物流科学研究所、物流問題研究、No.56、pp.11-15、2011
- (6) 渡部幹: 救援物資の課題と対応、交通工学、Vol.46、No.5、pp.64-67、2011
- (7) 峯猛: 東日本大震災における救援物資供給停滞の発生と要因、物流問題研究、第56号、pp.16-21、2011
- (8) 日本物流学会関東部会緊急シンポジウム(1): 「災害のロジスティクス」ーなぜ救援物資が届かないのかー、2011
- (9) 水嶋智: 震災からの復旧・復興と交通関連施策について、運輸政策研究、Vol.15、No.2、2012
- (10) 及川統: 震災時における救援物資の集積所の運営方法に関する研究、Navigation、No.180、pp.103、2012.04
- (11) 国土交通省: 支援物資のロジスティクスに関する調査研究、2013
- (12) 宇田川真之: 救援物資の輸配送業務の改善を目指して、2011
- (13) 内閣府: 阪神・淡路大震災教訓情報資料集、平成12年
- (14) 苦瀬博仁・矢野裕児: 市民を兵糧攻めから守る災害のロジスティクス計画、都市計画、291号、pp.87-90、2012
- (15) 苦瀬博仁: ロジスティクスからみた被災地への緊急支援物資供給と産業復興計画の課題、輸送と経済、pp.15-21、2012.3
- (16) 奥村誠: 「大規模災害から学ぶ」東日本大震災からの教訓、教訓ノート3-3、pp.1-11、2011
- (17) 福本潤也・井上亮・大窪和明: 東日本大震災における緊急支援物資の流動実態の定量的把握、平成25年
- (18) 小早川悟: 大規模災害時における救援物資の輸送問題、自動車交通研究、pp.18-19、2012
- (19) 平山翔吾: 行政から見た災害時支援物資供給のロジスティクス、日本物流学会年次大会、2013.9.14
- (20) 樋口恵一: 防災まちづくりの中で救援物資のことを考える、2014
- (21) 東洋大学PPP研究センター: 大規模災害時における自治体への支援の必要性と今後への提案1、2012
- (22) 田村大輔・松本昌二・佐野可寸志: 新潟県中越地震における貨物輸送の被害と救援物資の物流、第32回土木計画学研究発表会・講演集、2005.12.3

10

既存研究【救援物資が届かない】



11

研究背景【物資集積拠点に関する写真】

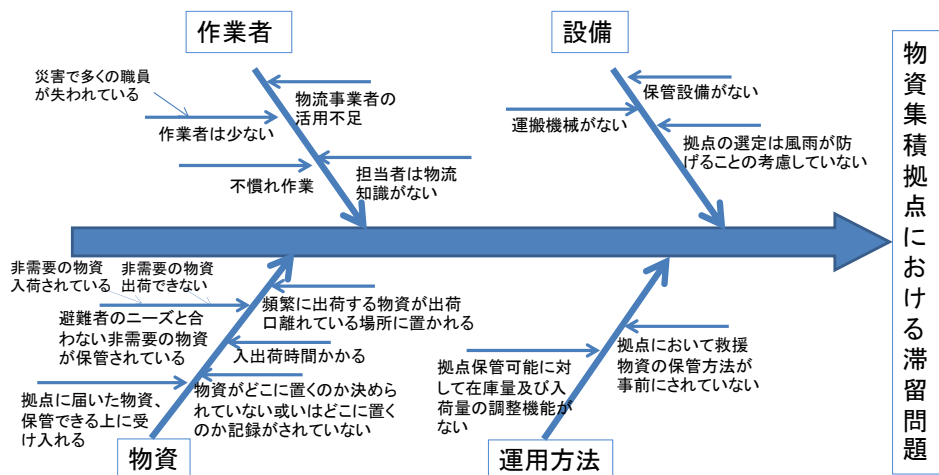


出典: <http://www.wesleyan.ac.jp/faculty/econ/blog/item/1204>

12

研究背景【物資集積拠点における問題】

原因分析



13



作業

奥村誠:「大規模災害から学ぶ」東日本大震災からの教訓、教訓ノート3-3、pp.1-11、2011
 物資集積拠点における現場担当者は物流の知識がなく、単純に物資を保管してしまい、急激にスペースが不足し、滞留になる。物流専門家の支援が必要である提案していた。

設備

及川統:震災時における救援物資の集積所の運営方法に関する研究、Navigation、No.180、pp.103、2012.04
 作業効率低下の手作業問題に対してローラーコンベア等の荷役機器の常備といった対策を提案している。

物資

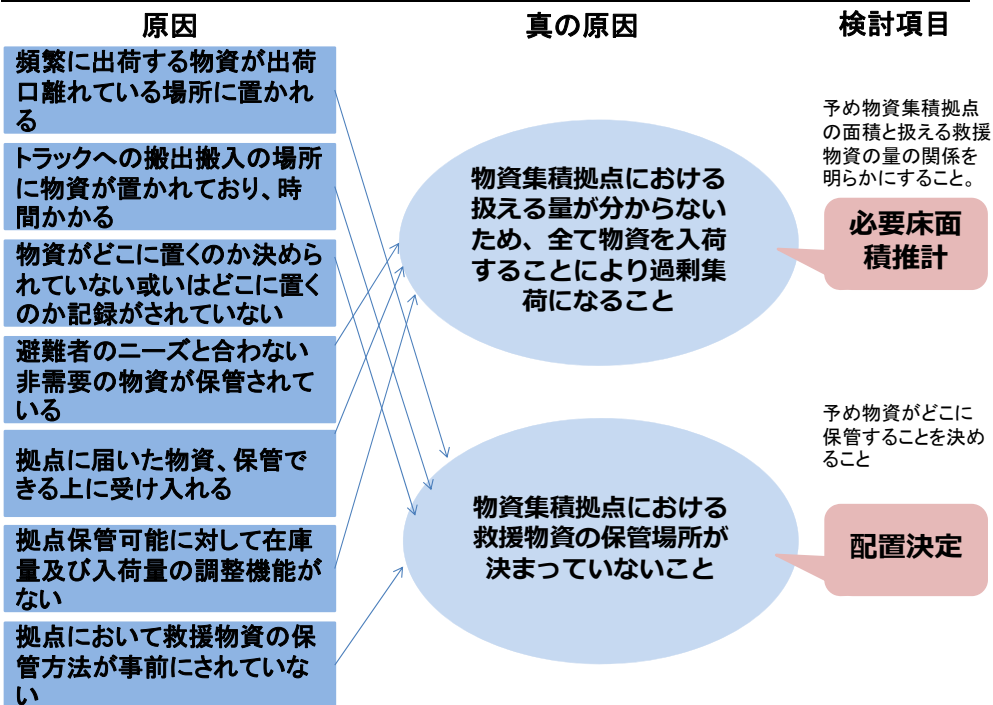
矢野裕之:災害用救援物資の必要量算出基準及び保管面積原単位の検討、第30回日本物流学会全国大会、2013
 災害時に必要となる救援物資の量は被災者の人数と必要量
 物資集積拠点における作業を考慮する通路や荷捌き場所の広さを含めた必要な床面積の検討や、入荷から出荷までの物流の全体の作業を対象とし検討されていない。

運用方法

方法に関する研究、日本物流学会年次大会、2013
 ピッキングの運搬作業を対象とし、効率の良い配置を検討した。

14

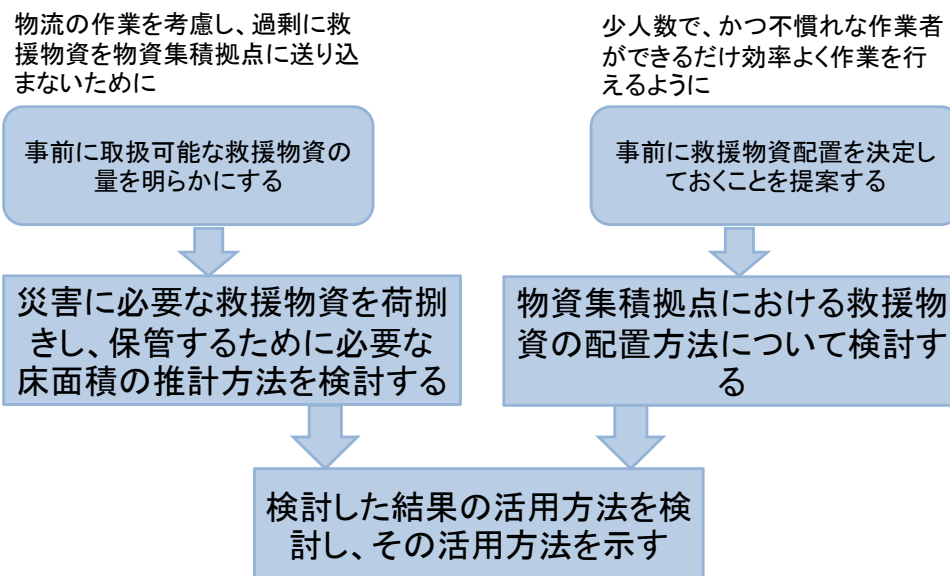
研究背景【物資集積拠点における問題】



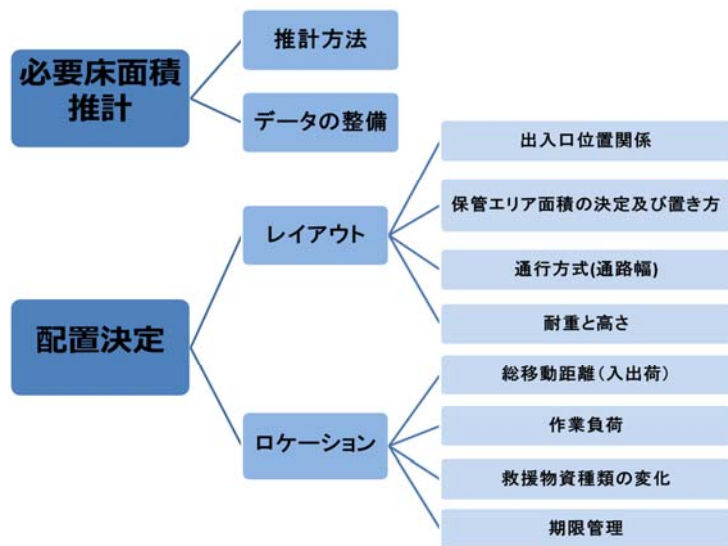
15

研究目的

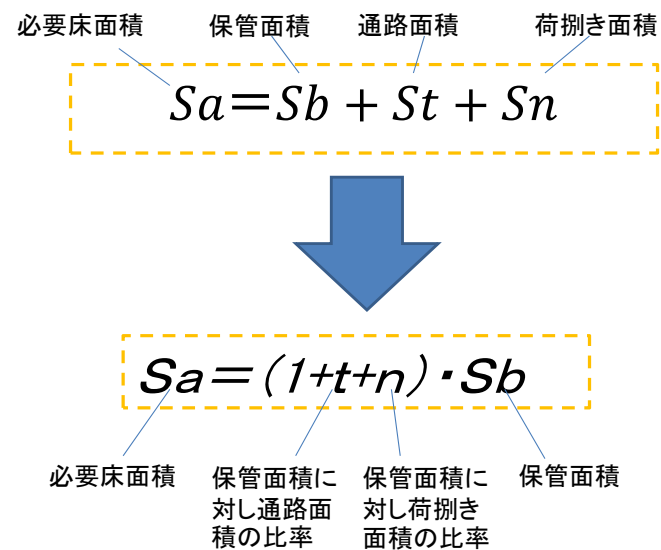
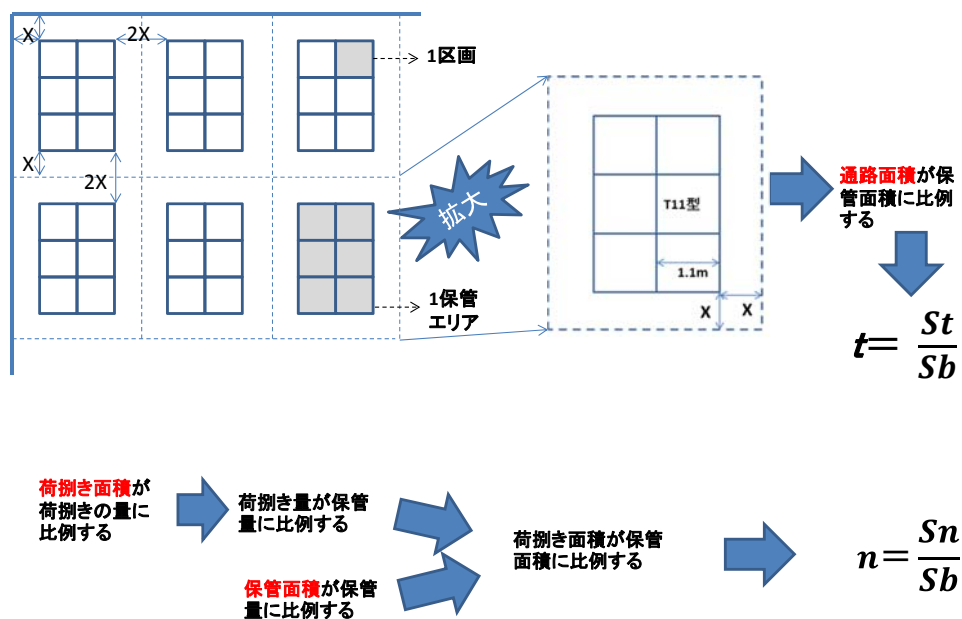
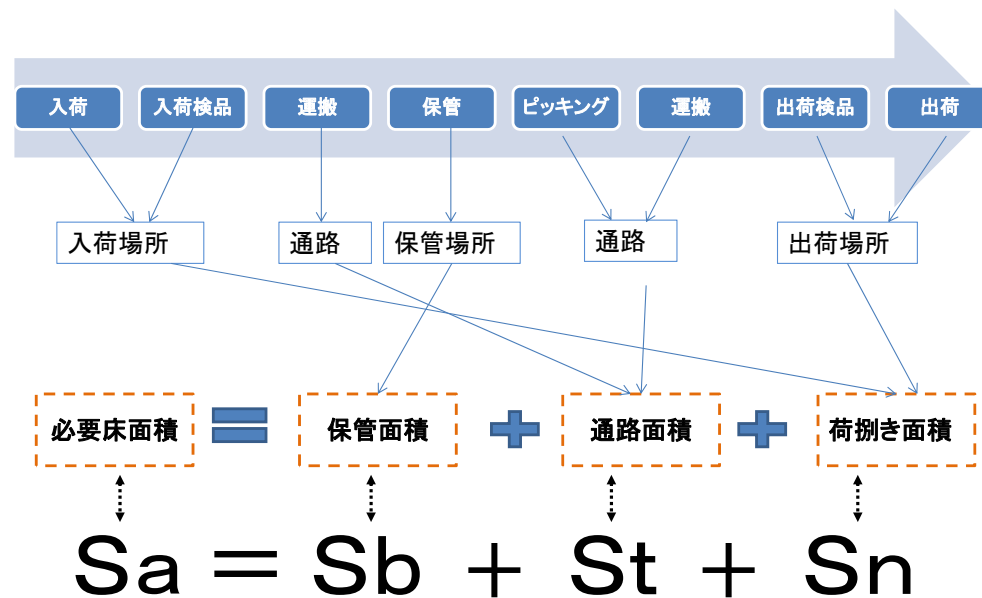
研究対象:市町村に置いての二次物資集積拠点



16



必要床面積の構成



保管面積の推計定式化

救援物資iを保管するのに必要な床面積

$$S_i = \frac{Q_i}{SPE_i}$$

救援物資iの必要な保管量

救援物資iの単位面積あたり保管量

救援物資iを必要とする避難者の割合

$$Q_i = RQO_i \cdot NVM \cdot p_i \cdot LTM_i$$

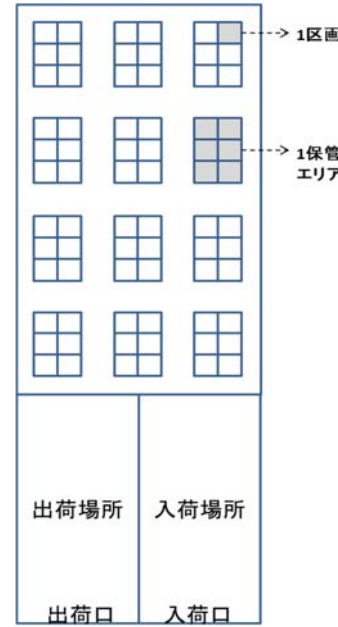
救援物資iの必要な保管量

救援物資iの被災者が1人1日に必要な量

物資集積拠点对象とする避難者数

救援物資iの補充間隔

レイアウトを考慮した保管面積の推計定式化



救援物資iを保管するのに必要な床面積

$$NK_i = \text{ceiling}\left(\frac{S_i}{DVS}\right)$$

救援物資iの保管区画数

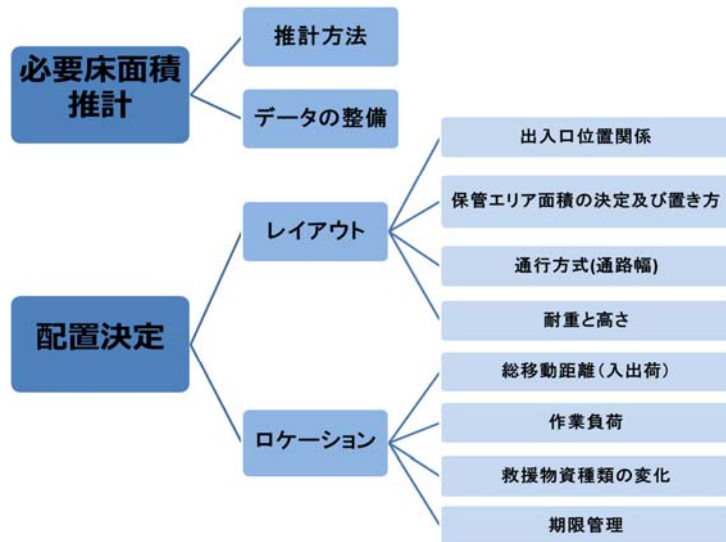
1区画の面積

$$NA = \text{ceiling}\left(\frac{\sum_{i \in SI} NK_i}{6}\right)$$

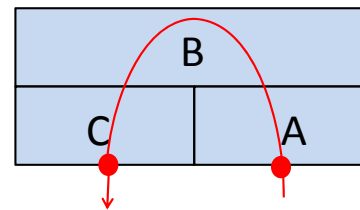
保管エリア数

物資を保管する必要床面積:

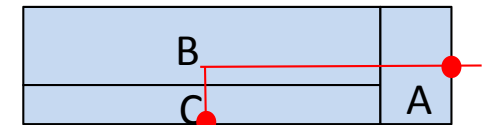
$$S_b = DVS \cdot 6 \cdot NA$$



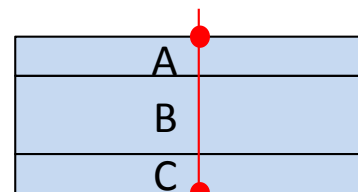
入出荷口との位置関係



U型



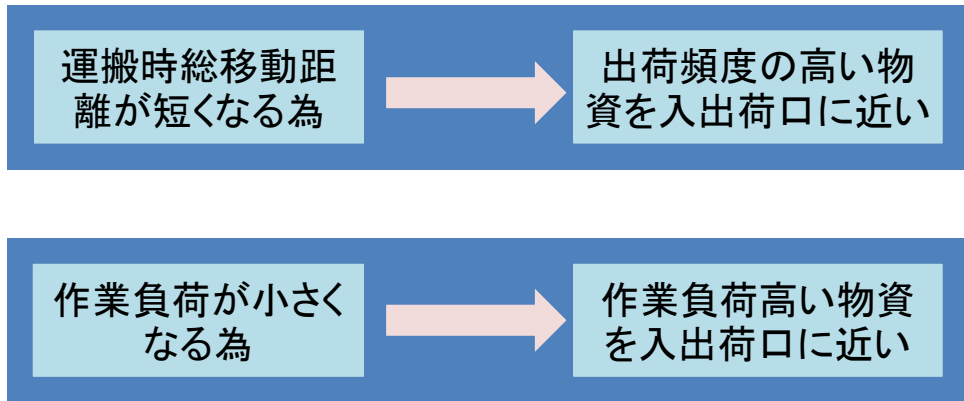
L型



I型

入荷場所	A
保管場所	B
出荷場所	C

ロケーション検討方針



目的関数

入荷を重視する比率 α $L_{i,j}$: 救援物資iの区画jにおける保管の有無 DSI_j : 入荷口から区画jまでの往復の移動距離

$$\min. TDS = \alpha \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSI_j \cdot F_i \cdot W_i + (1 - \alpha) \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSO_j \cdot F_i \cdot W_i$$

TDS: 総作業負荷

SI : 救援物資の集合 SJ : 区画の集合 DSO_j : 区画jから出荷口までの往復の移動距離 F_i : 救援物資iの1区画あたりの作業頻度 W_i : 救援物資iの作業負荷係数

(制約条件)

$$\sum_{j \in SJ} L_{i,j} = N_i \quad i \in SI$$

$$\sum_{i \in SI} L_{i,j} \leq 1 \quad j \in SJ \quad L_{i,j} \in \{0,1\} \quad i \in SI, j \in SJ$$

作業頻度の求め方

救援物資iを避難者が1日に必要な量 物資集積拠点が対象とする避難者数 救援物資iを必要とする避難者の割合

$$F_i = \frac{RQO_i \cdot NVM \cdot P_i}{HLG_i \cdot NK_i}$$

救援物資iの1区画あたりの1日の作業頻度 救援物資iを作業者が一度に運べる量 救援物資iの保管区画数

救援物資のデータ

品目			必要量算出基準							
大分類	中分類	小分類	RQO(人・日)	P	NVM	LTM	SPE	HLG	W	
飲料	飲料水(500ML)		4	本	100%	1200	3	324	24	1.2
非調理食料	アルファ化米		3	個	100%	1200	3	3000	100	1.0
食器類	紙コップ	飲料用	3	個	100%	1200	3	60000	4000	0.8
		液体歯磨き	1	個	100%	1200	3	60000	4000	0.8
		乳児のミルク摂取用	8	個	0.8%	1200	3	60000	4000	0.8
		紙どんぶり	3	個	100%	1200	3	26950	2000	0.8
		先割れスプーン	3	個	100%	1200	3	67500	6000	0.8
トイレ		簡易トイレ(目隠し付)	0.02	台	100%	1200	3	18	1	0.0
		簡易トイレ用薬剤・袋	5	個	100%	1200	3	3750	150	1.0
		トイレペーパー	0.11	ロール	100%	1200	3	810	48	1.2
保温用品		使い捨てカイロ	1	個	100%	1200	3	5760	240	0.8
		毛布	2	枚	100%	1200	3	140	10	0.0
女性用品		生理用品	6	枚	6%	1200	3	36000	5160	0.8
		パンティーライナー	6	枚	18%	1200	3	124416	2880	0.8
幼児用品		幼児用おむつ	6	枚	2.9%	1200	3	5904	232	1.2
		調製粉乳	130	g	0.8%	1200	3	218000	12800	0.8
		おしりふきシート	6	枚	0.03	1200	3	24192	3200	0.8
要介護者・高齢者等用品		介護用おむつ(パンツ型)	2	枚	1.5%	1200	3	2268	80	1.2
		尿取りパッド	6	枚	1.5%	1200	3	7560	480	0.8

出典: 矢野裕児「災害用救援物資の必要量算出基準及び保管面積単位の検討」より作成、HLG、Wは概算仮定

必要床面積と配置例【救援物資の必要床面積推計結果】

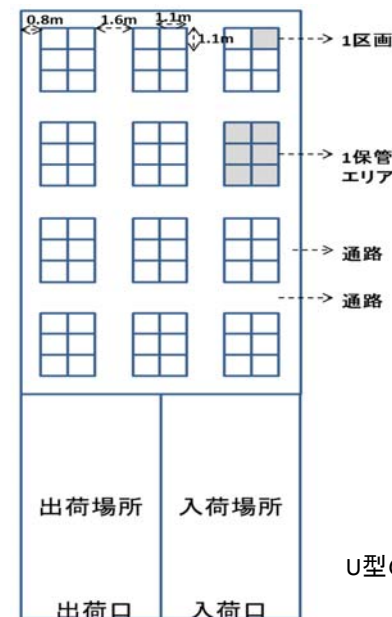
品目		記号	Q	S	NK	F
大分類	中分類					
飲料	飲料水(2L)	水	14400	44.4	37	16.2
非調理食料	アルファ化米	米	10800	3.6	3	36.0
食器類	紙コップ	コップ	14630	0.2	1	3.7
	紙どんぶり	どんぶり	10800	0.4	1	5.4
	先割れスプーン	スプーン	10800	0.2	1	1.8
トイレ	簡易トイレ(目隠し付)	トイレ	20	1.1	1	20.0
	簡易トイレ用薬剤・袋	薬	18000	4.8	4	30.0
	トイレペーパー	ペーパー	396	0.5	1	8.3
保温用品	使い捨てカイロ	カイロ	3600	0.6	1	15.0
	毛布	毛布	2400	17.1	15	16.0
女性用品	生理用品	生理用	1296	0.0	1	0.3
	パンティーライナー	パンティー	3888	0.0	1	1.4
幼児用品	幼児用おむつ	児おむつ	626	0.1	1	2.7
	調製粉乳	粉乳	3744	0.0	1	0.3
	おしりふきシート	シート	626	0.0	1	0.2
要介護者・高齢者等用	介護用おむつ(パンツ型)	介おむつ	108	0.0	1	1.4
	尿取りパッド	パッド	324	0.0	1	0.7

保管面積(m ²)	荷捌き面積(m ²)	通路面積(m ²)	必要床面積(m ²)
Sb	Sn	St	Sa
87.1	130.7	139.4	357.2

29

必要床面積と配置例

物資集積拠点のレイアウト

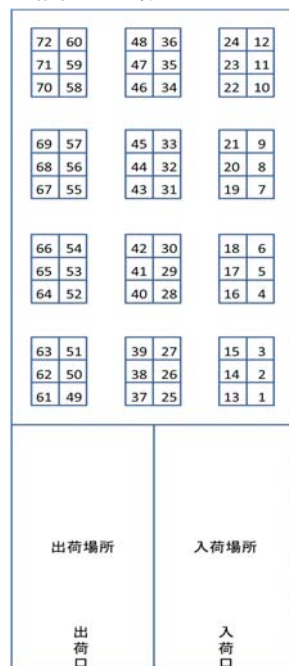


U型の縦置きの場合のレイアウト図

30

必要床面積と配置例

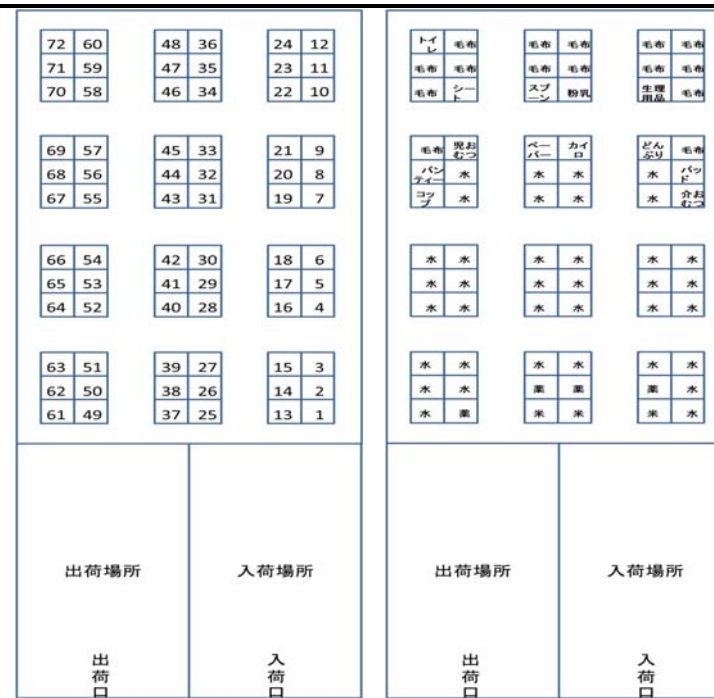
U型の縦置きの場合のレイアウト図 入出荷口から物資集積拠点の区画毎までの距離(m)



区画番号	DSI(m)	DSO(m)	区画番号	DSI(m)	DSO(m)
1	47.8	47.8	37	40.2	40.2
2	50.0	50.0	38	42.4	42.4
3	52.2	52.2	39	44.6	44.6
4	57.6	57.6	40	50.0	50.0
5	59.8	59.8	41	52.2	52.2
6	62.0	62.0	42	54.4	54.4
7	67.4	67.4	43	59.8	59.8
8	69.6	69.6	44	62.0	62.0
9	71.8	71.8	45	64.2	64.2
10	77.2	77.2	46	69.6	69.6
11	79.4	79.4	47	71.8	71.8
12	81.6	81.6	48	74.0	74.0
13	41.8	41.8	49	41.8	41.8
14	44.0	44.0	50	44.0	44.0
15	46.2	46.2	51	46.2	46.2
16	51.6	51.6	52	51.6	51.6
17	53.8	53.8	53	53.8	53.8
18	56.0	56.0	54	56.0	56.0
19	61.4	61.4	55	61.4	61.4
20	63.6	63.6	56	63.6	63.6
21	65.8	65.8	57	65.8	65.8
22	71.2	71.2	58	71.2	71.2
23	73.4	73.4	59	73.4	73.4
24	75.6	75.6	60	75.6	75.6
25	40.2	40.2	61	47.8	47.8
26	42.4	42.4	62	50.0	50.0
27	44.6	44.6	63	52.2	52.2
28	50.0	50.0	64	57.6	57.6
29	52.2	52.2	65	59.8	59.8
30	54.4	54.4	66	62.0	62.0
31	59.8	59.8	67	67.4	67.4
32	62.0	62.0	68	69.6	69.6
33	64.2	64.2	69	71.8	71.8
34	69.6	69.6	70	77.2	77.2
35	71.8	71.8	71	79.4	79.4
36	74.0	74.0	72	81.6	81.6

31

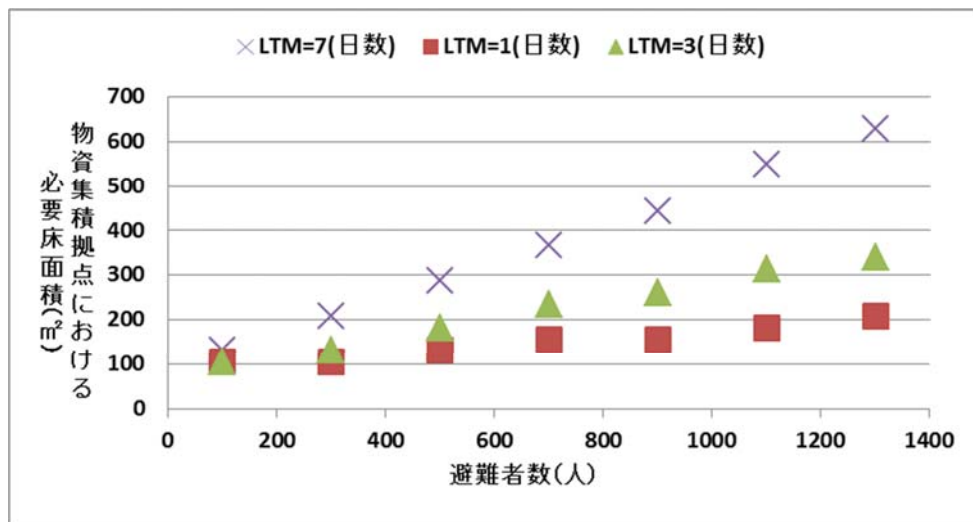
必要床面積と配置例【救援物資の配置決定結果】



32

検討結果の活用方法【必要床面積】

災害前

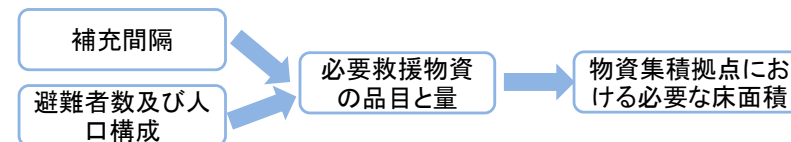


補充間隔における被災者数と必要床面積の関係

33

検討結果の活用方法【必要床面積】

災害前



- 今まで物資集積拠点の確保が十分か事前の検討する事が可能となるだろう。
- 確保できた物資集積拠点毎に求めた床面積に対し、物資受け入れ可能性を検証することが出来し、最大支援できる避難者数が分かるだろう。

34

検討結果の活用方法【必要床面積】

災害後

災害発生時は各物資集積拠点において取扱可能な救援物資の量が分かるため、この値を参考に各物資集積拠点における在庫量を見ながら過剰に救援物資を供給することがないように調整することが可能になるだろう。

35

検討結果の活用方法【救援物資の配置】

災害前

- 小学校や体育館のような場所では、臨時に物資集積拠点として使用されるので、作業地域の区分はされてない。事前に床に線を引いて、必要な面積を空けておくことができる。
- 事前に物資集積拠点毎に配置を求めておき、配置図を配布しておくこと

36

災害後

- 作業員が配置図に従って救援物資の配置をすることが出来る。出荷する際に、ピッキング時に救援物資を探し回ることがなくなるのではないかと考える。
- この配置図を利用して、日々救援物資の在庫管理がうまくできるだろうと考えられる。

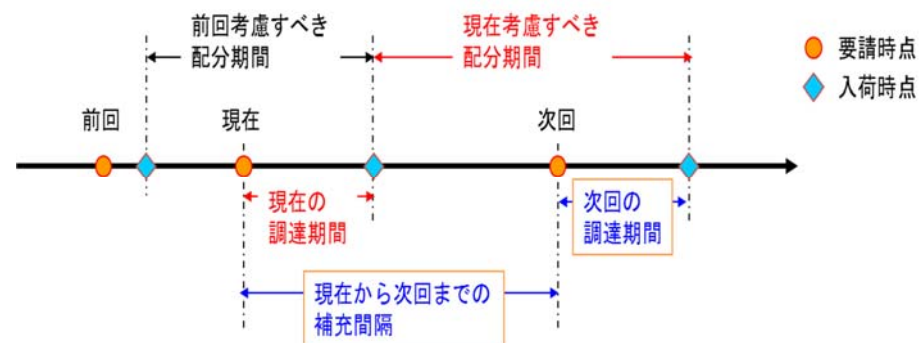
避難者

項目	人口(時間帯)		避難者数										想定避難者割合			
			男性					女性								
			1歳未満	1-2歳	3-14歳	15-64歳	65歳以上	1歳未満	1-2歳	3-14歳	15-64歳	65歳以上				
市区町村の各地域名	昼間人口	夜間人口														
総計																

救援物資

大分類	品目		原単位		対象者比率	単位面積あたりの保管量	一回運べる量
	中分類	小分類	数量	単位			

補充間隔

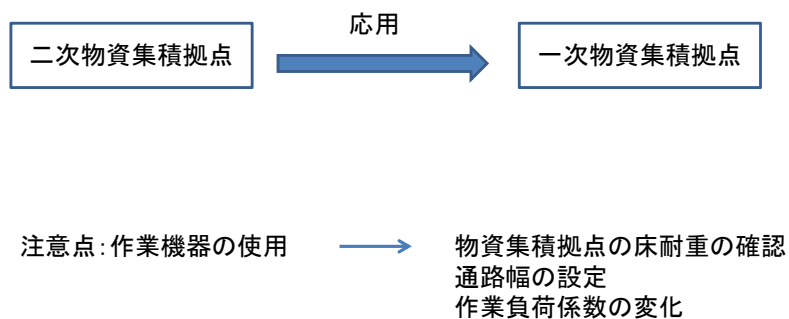


補充間隔

品目			提供者	輸送ルート	補充間隔
大分類	中分類	小分類			

物資集積拠点

**市区町村の物資集積拠点リスト					
拠点名	入出荷口位置関係	床面積	床耐重	使用可能な機器	所在地



救援物資の滞留を防ぐため、

必要床面積の推計方法を検討し、事前に取り扱可能な救援物資の量を明らかにすることを提案した

救援物資の配置の決定方法を検討し、事前に救援物資配置を決定しておくことを提案した

検討した結果は災害前と災害後を分けて活用方法にも検討した

今回は、物資集積拠点の施設内の作業に必要される床面積を推計したが、物資集積拠点のバース必要面積、及び荷待ちする場合の時のトラックの駐車スペース等も検討する必要がある。

また、災害発生時からの時間経過とともに必要とされる救援物資にも変化する。このとき柔軟に入れ替えることを提案したが、時間経過とともに必要とされる救援物資の品目や量が変わっていくため、この提案の実行性について検証する必要がある。

ご清聴ありがとうございました