

に次々と送り込まれてきた。このため集積所では物資が溢れ、通路や荷捌き場所にも物資が山積みされた。これにより、ピッキングや仕分け等の作業効率は著しく低下し、普段、物流業務を担っていない作業に不慣れな自治体職員にとって大きな負担となっていた。さらに集積所における保管場所の不足から次々と集積所を増やす必要があり、同じ物資が複数の集積所に分散保管され、在庫管理が煩雑としていた。

3. 集積所における作業と検討事項

3.1 入荷から出荷までの作業工程

物流センターを例に入荷から出荷までの主な作業を整理すると次のようになる。集積所においては、物流センターと同様に入荷から出荷までの作業が問題なく流れるようにする必要がある。

入荷 → 入荷検品 → 運搬 → 保管 → ピッキング → 運搬 → 出荷検品 → 出荷

3.2 検討事項

集積所で物資が溢れた問題は、集積所において運搬や保管等の作業を適切に行うために必要な床面積を把握できていなかったことが原因の一つとしてあげられる。救援物資の量に対して必要床面積を把握できていれば、救援物資の供給を調整することや予め必要な集積所を確保しておくことなど、様々な対応が可能と思われる。そこで、避難者の人数から必要な救援物資の量を推計し、これから集積所において必要な床面積を推計する方法を検討する。

次に、ピッキング等の作業を効率的に行うためには、救援物資のロケーション管理が適正に実施されている必要がある。先の震災では、入荷された救援物資が種類毎に仕分けされずに山積みされ、ピッキングの際に救援物資を探し回るムダが発生していた。そこで、予め決められた保管区画のどこにどの物資を保管すれば良いか検討する。この際、多くの二次集積所では人力で行っていたことを考慮し、もっとも労力のかかる運搬作業の軽減を図るように、入出荷のための運搬距離が短くなるように配置を決定する方法を検討する。

なお、配置方法を検討するためには予め救援物資をいくつかのカテゴリーに分類（食料品であれば賞味期限等も考慮して分類）する仕分け基準を作成しておく必要がある。しかし、分類が詳細で

あれば、その分、仕分け作業が繁雑となり、作業の負担が大きくなる。このことから震災直後は大雑把に、その後、避難者の細かなニーズに答えられるように徐々に詳細に分類していくことが考えられる。この分類については今後の検討課題とし、ここでは分類が終わった結果をもとに救援物資の配置を決定することとする。

4. 必要床面積の推計と物資配置の決定

4.1 必要床面積の推計方法

集積所において救援物資が滞留しないようにするためには、入出荷等の作業を行えるように荷捌きのための場所と運搬のための通路を確保しておく必要がある。そこで本研究では、救援物資を保管するために必要な面積のほか、作業のために必要な面積も考慮する。

$$S_a = S_b + S_n + S_t$$

S_a : 必要床面積, S_b : 保管面積

S_n : 荷捌き面積, S_t : 通路面積

なお、実際の推計式の適用では推計のしやすさを考慮し、荷捌き面積や通路面積が保管面積と相関があることから、次のように推計することとする。

$$S_a = (1 + n + t) \cdot S_b$$

$$n = \frac{S_n}{S_b}, \quad t = \frac{S_t}{S_b}$$

次に、保管面積について説明する。集積所におけるレイアウトを決定するためには、予め基準となるサイズを決定しておくことが望ましい。そこで一次集積所などフォークリフトの活用が出来る場合も想定して、日本で流通している標準パレット (T11 型) のサイズを 1 区画とする。また、集積所における保管効率を考慮し、6 区画を一つの保管エリアとして保管面積を推計することとする。

まず、そもそも救援物資を床に保管するために必要な床面積は、次のように推計できる。

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

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

S_i : 救援物資 i を保管するのに必要な床面積

Q_i : 救援物資 i の必要な保管量

SPE_i : 救援物資 i の単位面積あたり保管量

RQO_i : 救援物資 i の避難者が 1 日に必要な量

NVM : 集積所が対象とする避難者数

LTM_i : 救援物資 i の調達期間

P_i : 救援物資 i を必要とする避難者の割合

※生理用品やおむつ等の救援物資では、厳密には避難者数を性別や年齢からより詳細に分類して保管量を算出する必要がある。

※さらに日々の消費財でない発電機やラジオ等の救援物資については、別途、避難者数から算出する必要がある。

そして 1 区画に 1 つの救援物資を保管する場合の区画数と必要な保管エリアの数は、次のように計算される。

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

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

NK_i : 救援物資 i の保管区画数

S_i : 救援物資 i を保管するのに必要な床面積

DVS : 1 区画の面積

NA : 保管エリア数

SI : 救援物資の集合

したがって、救援物資の保管面積は次の式で求められ、これにより集積所における必要床面積が推計できる。

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

4.2 物資配置の決定方法

集積所における入荷から出荷までの作業効率を向上させるためには、目的の救援物資を探し回ることなく、かつ、できるだけ頻繁に避難所に届ける救援物資は出入口付近に配置するなどの工夫を行う必要がある。また、多くの場合にフォークリフト等の機器が使用できないことを考慮し、手作業で飲料水等の重量物を運ぶことを考えて、作業負荷についても考慮が必要である。さらに入荷と出荷のどちらの作業を重視すべきかについても考

慮して救援物資の配置を決定する。

(目的関数)

集積所における作業にかかる総作業負荷を最小にするように、入荷側と出荷側に分けて次のように目的関数を定式化する。

$$\begin{aligned} \min. TDS = & \alpha \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSI_i \cdot F_i \cdot W_i \\ & + (1 - \alpha) \cdot \sum_{i \in SI} \sum_{j \in SJ} L_{i,j} \cdot DSO_i \cdot F_i \cdot W_i \end{aligned}$$

TDS : 総作業負荷

$L_{i,j}$: 救援物資 i の区画 j における保管の有無

DSI_j : 入口から区画 j までの距離

DSO_j : 区画 j から出口までの距離

F_i : 救援物資 i の 1 区画あたりの 1 日の作業頻度

W_i : 救援物資 i の作業負荷係数

SI : 救援物資の集合

SJ : 区画の集合

次に、作業負荷係数 (W) を重さによる荷役時間の比を参考に定めることとし、作業頻度 (F) を次の式から求める。

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

F_i : 救援物資 i の 1 区画あたりの 1 日の作業頻度

RQO_i : 救援物資 i を避難者が 1 日に必要な量

NVM : 集積所が対象とする避難者数

HLG_i : 救援物資 i を作業者が一度に運べる量

NK_i : 救援物資 i の保管区画数

(制約条件)

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

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

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

5. 集積所における必要床面積の推計例

ここでは表 1 に示す 7 つの救援物資を例に避難者数と必要床面積の関係について図 2 に示す。

当然のことであるが図から、避難者数が増加するにしたがって必要床面積が増加していることが

分かる。そして救援物資の調達期間によって大きく必要床面積が異なっていることから、集積所に供給する際のタイミングを調整することによって十分な広さの施設を確保できない場合でも多くの避難者に対応した救援物資の供給が出来ることが分かった。

この結果から集積所の配置計画を行う際に確保すべき必要床面積が分かり、集積所の確保が十分か事前の検討が可能となる。また、小学校や体育館のような場所では、臨時集積所として使用されることもあるので、事前に保管エリア毎に区画の線を床に引いておくことなどが考えられる。

表 1 救援物資の前提条件

救援物資	RQO	LTM	SPE	HLG	PCT	
食料	米	2.0 食	3	54.4	1	1.2
飲料	飲料水	1.5 本	3	95.7	1	1.2
日用品	携帯カイロ	2.0 個	3	2,020.2	10	0.8
衛生用品	タオル	1.0 枚	3	90.7	5	0.8
	トイレットペーパー	1.0 個	3	128.9	2	1.0
衣料	下着	1.0 枚	3	62.3	4	0.8
燃料	カセットガス	0.7 本	3	42.0	2	0.8

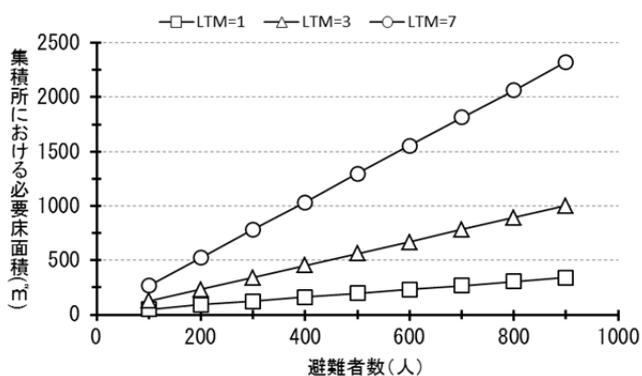


図 2 避難者数と必要床面積の関係

6. 集積所における救援物資の配置例

ここでは先の表 1 に示す 7 つの救援物資を例に図 3 に示す集積所を対象として配置を求めた結果を図 4 に示す。また、4 章に示す定式化に基づいて算出した結果を表 2 に示す。なお、計算では避難者数 (NVM) を 100 人とした。

表より最も保管スペースを必要とする米が 12 の区画を必要とし、重くて作業負担の大きい飲料水が、最も作業頻度 (F) が大きくなっている。これにより、図 4 に示すように米が最も出入口に近

い区画に配置され、タオルや携帯カイロが集積所の奥に配置されている。

この結果から図 4 に示す配置図を事前に集積所毎に求めておき、震災時に対応できるように配布しておくことなどが考えられる。

表 2 定数の算出結果

救援物資		記号	Q	S	NK	F
食料	米	米	600	11.0	12	50
飲料	飲料水	水	450	4.7	5	90
日用品	携帯カイロ	携	600	0.3	1	60
衛生用品	タオル	タ	300	3.3	4	15
	トイレットペーパー	ト	300	2.3	3	50
衣料	下着	下	300	4.8	5	15
燃料	カセットガス	カ	210	5.0	5	21

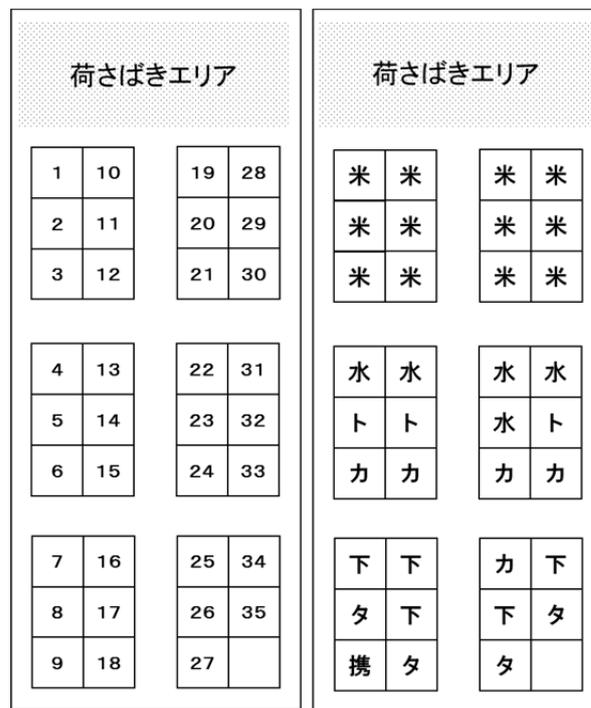


図 3 集積所のレイアウト 図 4 配置結果

7. おわりに

東日本大震災では救援物資があるにも係わらず避難所に届かない問題が数多く発生した。そこで本研究では、集積所における救援物資の滞留を防ぐために、集積所における必要床面積の推計方法と救援物資の配置の決定方法を提案した。

今後は、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が変化することを考慮に入れた配置等に関して検討を行っていきたい。