

第3章 港湾における耐震強化の評価

3.1 耐震強化の効果の検討

阪神淡路大震災において、神戸港摩耶埠頭における耐震強化岸壁の有効性が確認され、「臨海部防災拠点マニュアル（1997年3月運輸省港湾局）」¹⁾において、「国際海上コンテナターミナルの耐震強化岸壁については、整備効果を検討した上で必要な施設量を確保する。（各地域のストック施設量の概ね3割を確保することを基本）」とされ、30%程度を確保することが、当分の間の目標とされた。これに対し、阪神淡路大震災における神戸港の施設の復旧実績を踏まえ、その効果を評価することとする。もっとも、現時点において、国際海上コンテナターミナルなどについては、すべて耐震強化を図ることとし、整備が進んでいるが、耐震強化の効果の評価手法については、必ずしも十分な評価がないことから、本検討は耐震強化の効果の評価手法の一つを提案するものである。

次に、阪神淡路大震災を踏まえ、港湾の多くの業務継続計画の前提となっている「湾内1港被災」の事態想定と、前章で最も大きな脅威として新たに提案された「湾内2港被災」の事態想定に対し、我が国の隣接する二つのブロックの理想モデルを前提に、耐震強化の効果の評価し、リスクの分析の高度化を図る。

3.1.1 阪神淡路大震災の復旧曲線を踏まえた検討

災害など危機事象により被災した港湾施設の復旧については、地震、高潮、保安など危機事象の特性や、港湾管理者の組織の被害、周辺からの復旧支援の容易さなど被災港湾の特性など、様々な要素により無限ともいえるシナリオが考えられる。そのようななか、港湾を中心に被災を生じた阪神淡路大震災の実態を正確に把握し、その復旧に要した期間や段階的な回復度合いを新たな災害等の港湾への危機事象の事態想定に引用することは、実際に起きてみなければ定量的な評価が難しい大規模自然災害による港湾活動への影響を踏まえると、比較的違和感がなく、現実的な手法と考えられる。

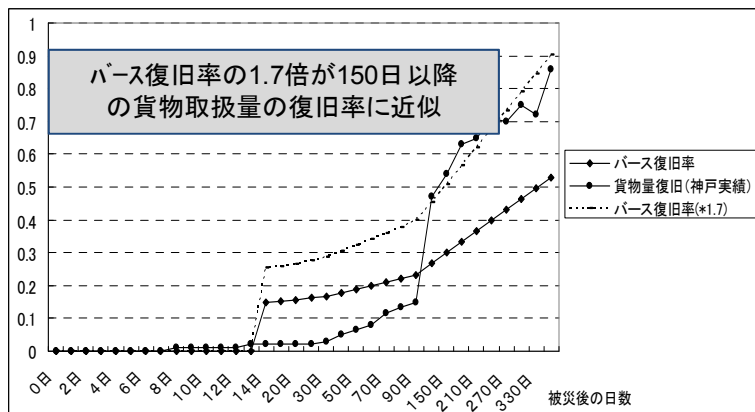


図-3.1.1.1 阪神淡路大震災におけるバース復旧と貨物量復旧

阪神淡路大震災では、図-3.1.1.1 に示すように、バース復旧率の 1.7 倍が 150 日以降の貨物量復旧率に近似しており、このことを試算のために、バース復旧率を「阪神淡路バース復旧曲線」とし、貨物量復旧を「阪神淡路貨物量復旧曲線」として、阪神淡路大震災における神戸港の港湾施設の復旧に要した期間や貨物量の段階的な回復度合いを示す復旧曲線を、図-3.1.1.2 に示すように模式的に図化する。

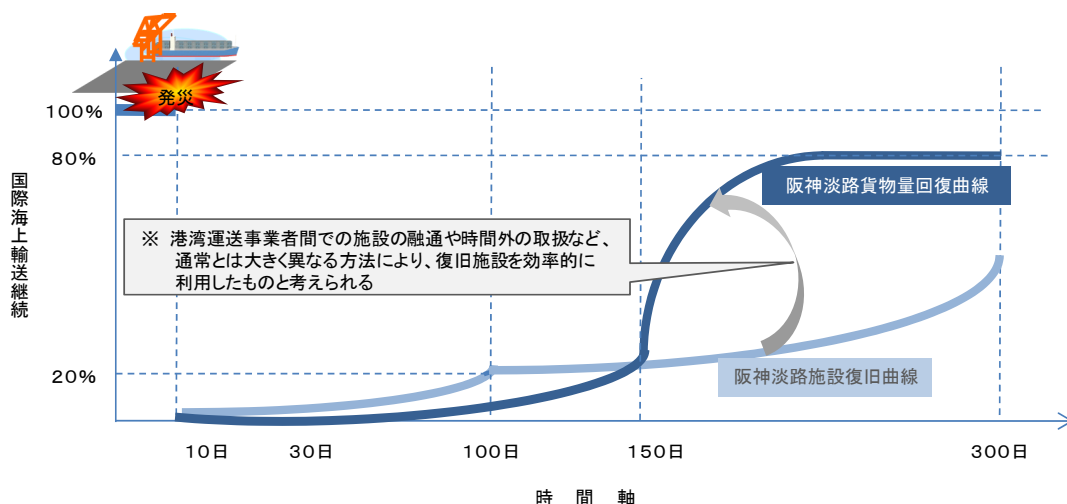


図-3.1.1.2 阪神淡路大震災におけるバース復旧・貨物量回復の復旧曲線の模式化

また、阪神淡路大震災における神戸港の港湾施設の復旧曲線に、当面の耐震強化率 30%の効果を加味し改善した復旧曲線を、「耐震強化率 30%施設復旧曲線」とし、これは、耐震強化された施設の機能は災害時でも維持されたうえで、「阪神淡路施設復旧曲線」を上乗せしたものである。また、耐震強化率 30%を考慮した貨物量の回復について「耐震強化率 30%期待貨物量曲線」とし、「阪神淡路貨物量回復曲線」に上乗せすることとした。これらを模式図としたものを図-3.1.1.3 に示す。

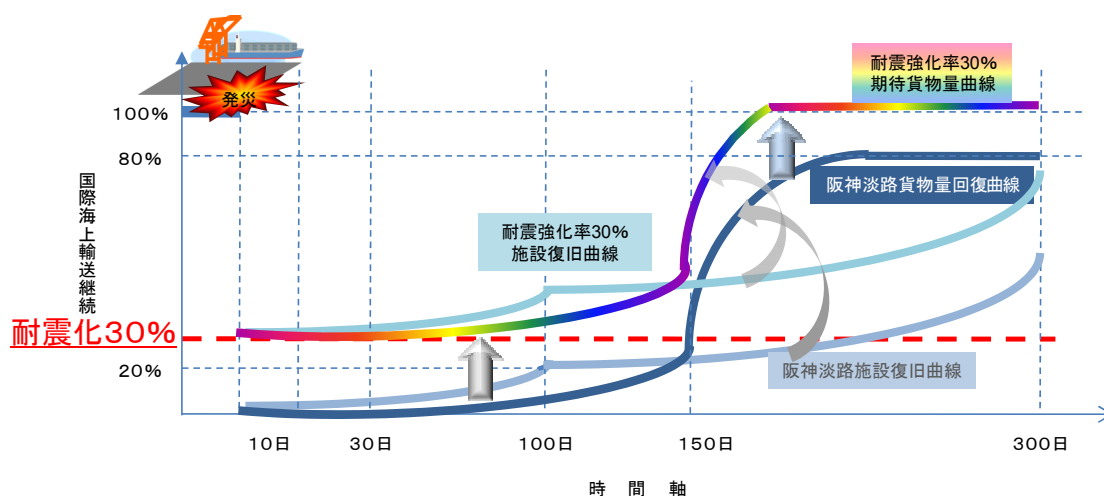


図-3.1.1.3 「阪神淡路施設復旧曲線」、「阪神淡路貨物量回復曲線」、
「耐震強化率 30%施設復旧曲線」、「耐震強化率 30%期待貨物量曲線」

3.1.2 荷主が求める復旧曲線

国際海上輸送について、被災時にあってどの程度の機能の継続が求められるのか、特に荷主が期待する国際海上輸送の許容限界について検討する。

(1) アンケートから推計される許容限界

まずは、輸出を行っている製造業及び輸入を行っている卸売等の企業合計約 600 社に対してアンケート調査を実施した。回答率は 22% で、回答企業の概要については、表-3.1.2.1 に示す。災害時に最低限確保したい輸送水準（通常時の輸送量と比較した割合）について調査すると、製造業から 31 社、卸売等から 14 社から回答あり、製造業(図-3.1.2.1)及び卸売等(図-3.1.2.2)の両者共に通常時の 30%程度、50%程度、80%程度の割合を指摘した企業が多くなっており、概ね 40%程度が両者を合わせた中間値と考えられる。

製造業関係		卸売業等関係	
	回答数		回答数
輸送機器製造	58	卸売業	15
機械製造	20	小売業	11
電気機器製造	23	その他	5
合計	101	合計	31
発送数	414	発送数	184
回答率	24.4%	回答率	16.8%

表-3.1.2.1 アンケート調査の対象企業と回答数

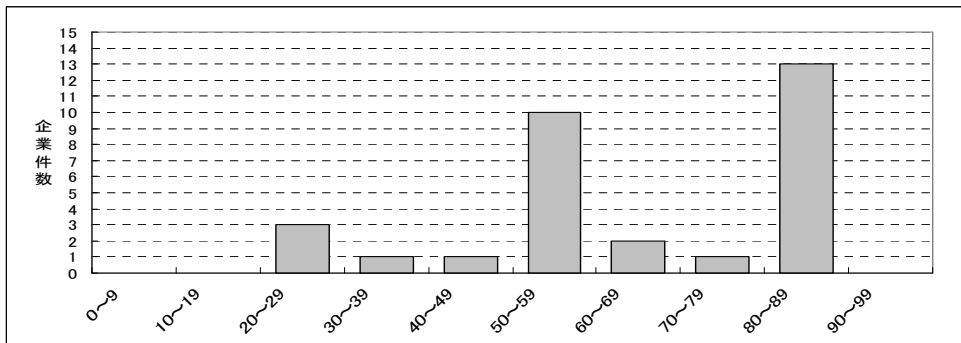


図-3.1.2.1 製造業において最低限確保したい輸送水準

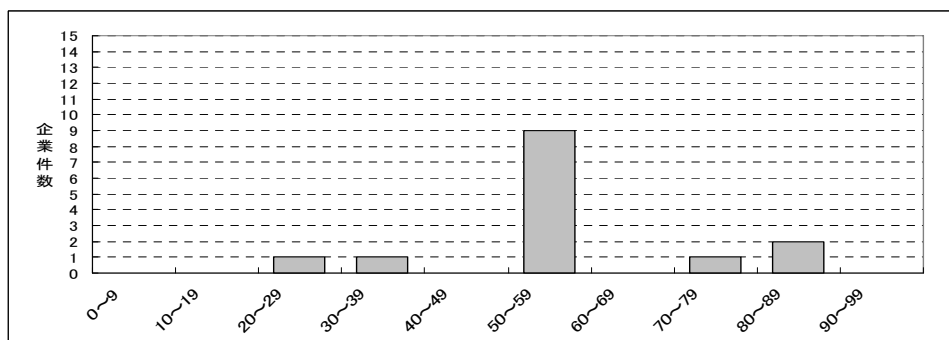


図-3.1.2.2 卸売等において最低限確保したい輸送水準

(2)在庫管理から推計した許容限界

サプライチェーンでは、輸出先の企業が在庫切れとならないように、輸出元の企業が計画的に輸出を行うことから、輸出先の企業が在庫切れしないための輸出再開について、その発生量を時系列に分析することにより、荷主が求める復旧曲線、すなわち許容限界を推計した。

例えば、ある輸出先の企業の在庫水準が3日であれば、被災により3日輸送が停止すれば輸出先の企業は在庫切れを起こす。これを防止するため、輸出元の企業は輸出先の企業に対し被災が3日目に輸送を再開するもの仮定した。在庫水準については企業によって異なるため、業種毎に企業の在庫保有日数の分布を調査し、その累積によって同業種のどの程度（％）の企業が輸送を再開するかを仮定した。

具体的には、公表されている日本企業の棚卸資産のデータを入手して利用した²⁾。保有している在庫の回転期間（日）を在庫の保有水準（日）と見なした。また、この数値は在庫の平均水準を示しているため、在庫変動を考慮し、危険側として三分の一を企業の在庫水準と仮定した。対象とした業種と、棚卸資産のデータを利用した企業数を表-3.1.2.2に示す。海外の企業の棚卸資産のデータは入手が困難であったので、業種が同一であれば在庫水準は同程度と見なし日本企業のデータを準用した。

このようにして得られた業種別に求める復旧曲線について、図-3.1.2.3に示す。横軸には輸送が中断してからの経過日数を、縦軸には輸出先の企業の在庫切れを防ぐために輸送を再開すると予想される業種別の企業数の割合を示している。例えば、輸送機械や食料品は在庫水準が低いため、災害発生後7日後では7割程度の企業が輸送を再開するものと想定される。

さらに、輸出コンテナ貨物の主要品目から、港湾の背後圏に立地している業種構成の割合を推定し、当該業種構成の割合で、図-3.1.2.3に示した業種別の求める復旧曲線に重み付けをおこない、港湾の背後圏の企業が平均的に求めるであろう復旧曲線を図-3.1.2.4に示すとおり求めた。横軸には輸送が中断してからの経過日数を、縦軸には輸出先の企業の在庫切れを防ぐために輸送を再開すると想定される背後圏の企業数の割合を示す。被災港湾全体で、輸出については、7日後に40％、30日後に96％程度の企業が輸送を再開するものと推定される。

対象業種	データ数(企業数)
輸送用機械	50
電気機器製造	95
機械	98
食料品	97
ゴム製品	19
化学品	100
ガラス・土石製品	49
金属製品	48
繊維製品	48
精密機器	30
鉄鋼	29
非鉄金属	29
その他製品	68

表-3.1.2.2 棚卸資産のデータを利用した業種別の企業数

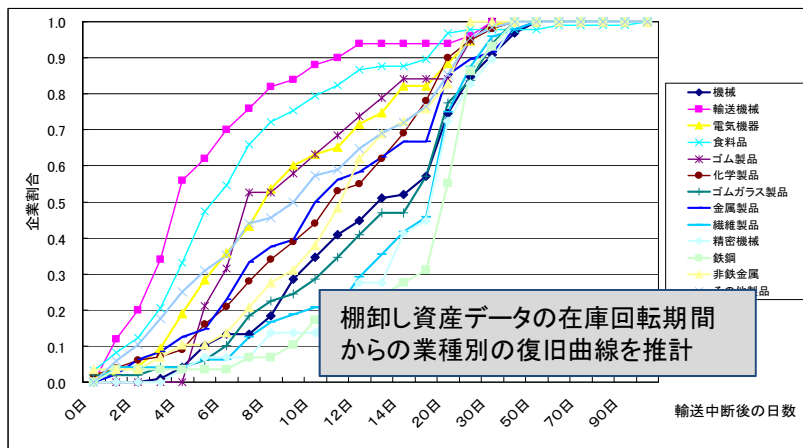


図-3.1.2.3 業種別に希望する復旧曲線

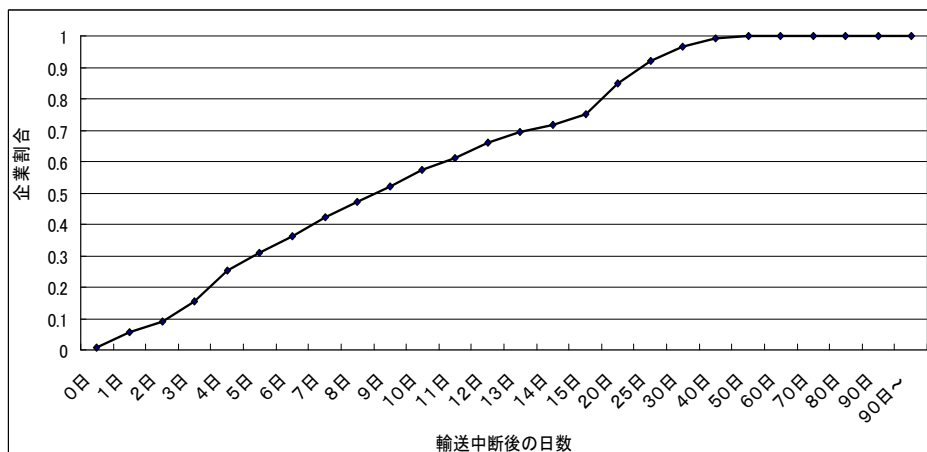


図-3.1.2.4 業種別に希望する平均的な復旧曲線

これまでの検討を踏まえ、図-3.1.2.5 に荷主希望の復旧曲線と耐震強化 30%期待貨物量曲線を模式的に図化し重ねたものを示す。このように、施設の耐震強化 3 割を達成しても、荷主が求める復旧曲線に遠く及ばないことから、耐震強化の大幅な増加若しくは施設の復旧期間の飛躍的な短縮又はこれら両方の組み合わせによる対策が強く求められると考えられる。

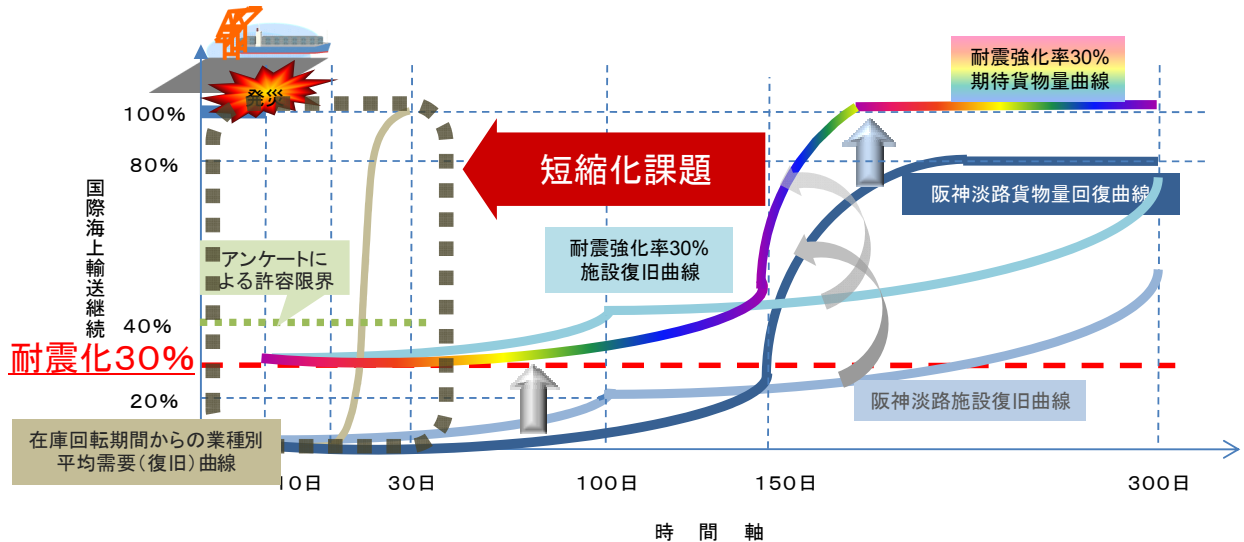


図-3.1.2.5 荷主希望の復旧曲線と耐震強化30%期待貨物量曲線との乖離

3.2 「湾内2港被災」の検討

我が国の国際拠点港湾は、東京湾に東京港・横浜港が、伊勢湾に名古屋港・四日市港が、大阪湾に大阪港・神戸港が所在し、必ず一つの湾内に2港湾が近接して立地しており、2港湾が同時に被災する「湾内2港被災」が発生する可能性は十分にありかつ被害も甚大である。しかし、阪神淡路大震災では、神戸港のみが大きく被災し、大阪港の被害は軽微であったことから、作成しつつある業務継続計画では「湾内1港被災」を前提としている場合が多い。

そこで、それぞれ二つの国際拠点港湾を擁する三大湾について、これらのうち隣接する二つの湾についてモデルを作成し、「湾内1港被災」と「湾内2港被災」のそれぞれの場合のコンテナ貨物の滞留について試算を行い、耐震強化率30%の有効性を評価することとする。

3.2.1 滞留計算モデルの作成

図-3.2.1.1に示すように、隣接する二つの湾に、一つの湾内にA港とB港を、もう一つの湾にD港とE港を、二つの湾の間にC港を仮想的に配置し、これら港湾について、次のようにモデルを設定する。

- A～E港の取扱量はそれぞれ年間150万TEUと同一
- A～E港の施設の耐震強化率もそれぞれ30%と同一
- 被災港を溢れる貨物は他港で代替して取扱う
- 「被災港背後の貨物需要の回復曲線（通常時からの割合）」、「被災港取扱貨物量（通常時からの割合）」及び「他港の取扱貨物の増分（代替分の被災港の通常時からの割合）」については、

阪神淡路大震災における実績に準ずることとする（図-3.2.1.2）.

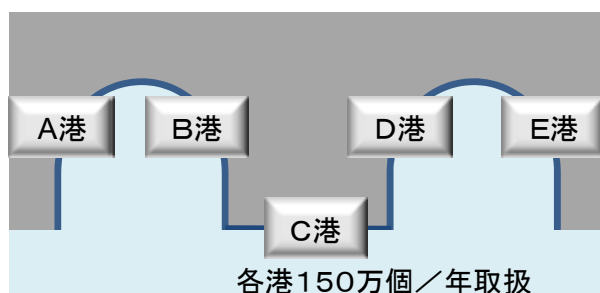


図-3.2.1.1 隣接する2湾における仮想5港の配置

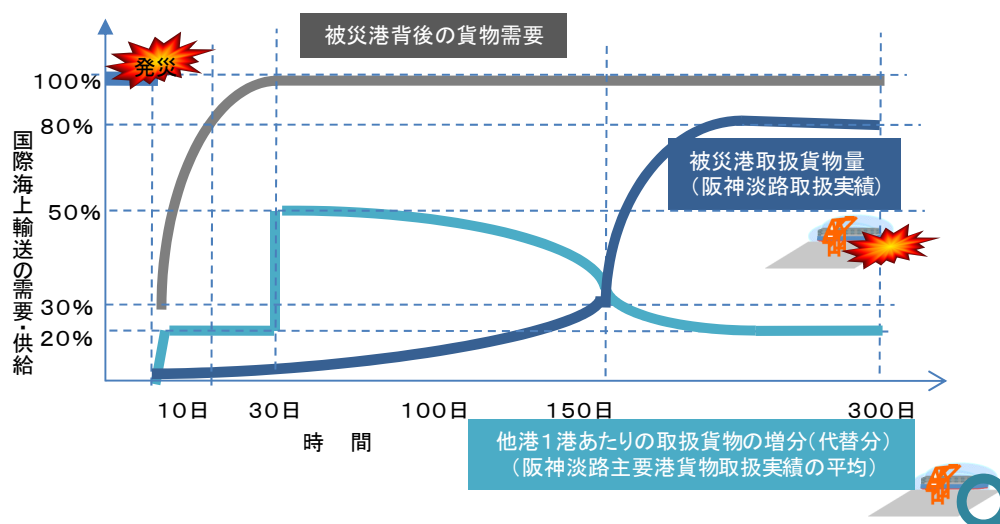


図-3.2.1.2 阪神淡路大震災における各種曲線

3.2.2 耐震強化率 30%における「湾内1港被災」・「湾内2港被災」の試算

(1) 「湾内1港被災」における試算

図-3.2.2.1 に示すように A 港のみ被災することとした場合，図-3.2.1.2 に示す曲線を用いて，5 港全体での滞留を算定した．その結果，図-3.2.2.2 に示すように，A 港の耐震強化岸壁すべてが地震発生後 7 日で稼働することとすれば，滞留は一切発生せず，円滑に貨物が処理される．

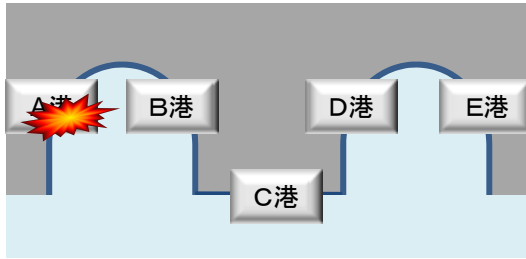


図-3.2.2.1 「湾内1港被災」のイメージ

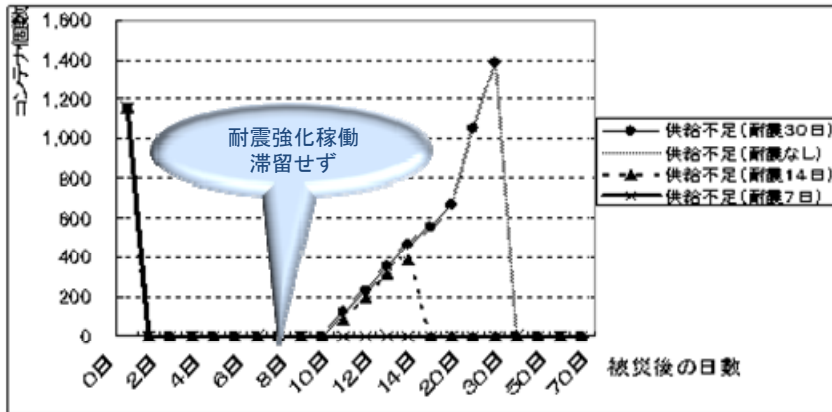


図-3.2.2.2 「湾内1港被災」における滞留の試算

(2) 「湾内2港被災」における試算

図-3.2.2.3に示すようにA港及びB港が被災することとした場合、「湾内1港被災」と同様に図-3.2.1.2に示す曲線を用いて、5港全体での滞留を算定した。その結果、図-3.2.2.4に示すように、A港及びB港の耐震強化岸壁すべてが地震発生後7日で稼働することとしても、滞留が発生し、1日当たりコンテナ3,000TEU程度の供給力不足が見られた。

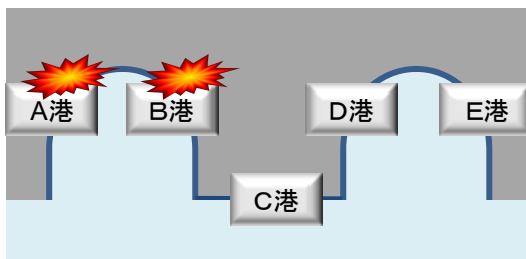


図-3.2.2.3 「湾内2港被災」のイメージ

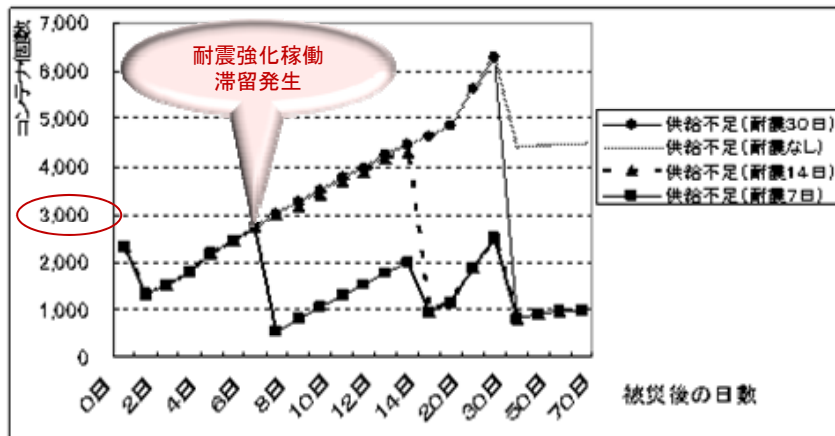


図-3.2.2.4 「湾内2港被災」における滞留の試算

3.3 まとめ

(1) 港湾の許容限界への適切な対策

アンケートによると、災害発生直後から、通常時の概ね40%以上の輸送力の供給が求められ、また、荷主が求める復旧曲線は、7日後に40%、30日後に96%程度であり、一月後にはほぼ通常時に回復していることが求められる。したがって、施設の耐震強化3割を達成しても、被災した港湾において荷主が求める復旧曲線等に大きく及ばないことから、耐震強化の大幅な増加若しくは施設の復旧期間の飛躍的な短縮又はこれら両方の組み合わせによる対策が求められるものと考えられる。

(2) 「湾内2港被災」への対策の強化

一般化が著しいモデルであったが、耐震強化率30%については、「湾内1港被災」にあってはコンテナの滞留を生じず、一定の効果が期待できるが、「湾内2港被災」にあってはコンテナの滞留が相当程度生じる。したがって、滞留を生じないように、個々の港湾の耐震強化率の向上若しくは湾内の隣接する2港湾の単位で総合的に耐震強化が図られることが必要と考える。

参考文献

- 1) 臨海部防災拠点マニュアル，運輸省港湾局，平成9年3月
- 2) 雑誌「ロジスティクスビジネス」2007年3月