

複合災害とは：

複数の現象がほぼ同時または時間を置いて発生することによって起こる災害を複合災害と定義します。この定義によれば、地震被害を受け修復し、その後台風によって再度被害を受けた、といったように修復可能な時間差がある現象は複合災害には該当しません。さて、複合災害では、被害の要因は複数ですから、被害の状況によってはどの要因による被害なのか、分らないケースがあります。リスク評価では、被害の要因を特定することは重要ではなく、金銭的損失や機能喪失など、被害によって生じる損害に着目します。ここでは、住宅の財物損失と工場施設の機能喪失（復旧期間）について、リスクの計算方法と留意点を紹介します。

リスク計算と留意点：

海岸近傍にある住宅を例とします（図1参照）。被害要因は震動被害  $E_S$ 、地盤沈下  $E_L$ 、津波被害  $E_T$  を考慮します。これら3つの被害要因を図2に示すイベントツリーでモデル化します。それぞれの事象の発生確率は  $P(E_S)$ 、 $P(E_L)$ 、 $P(E_T)$  で表し、被害要因の組合せから、それぞれの帰結確率が計算できます。これに各帰結の損害額を乗じ、総和すれば複合被害による財物損失を計算することができます。ここで、津波被害の確率は地盤沈下起きない場合は  $P(E_T)$  ですが、地盤沈下が起きると  $P(E_T|E_L)$  に変わります。つまり、地盤沈下が起きた条件付の確率になり、津波被害の確率は高くなります。複合災害では前に起きた被害が、後に起きる被害に影響を与えることがあります。これを被害の従属関係と呼びます。

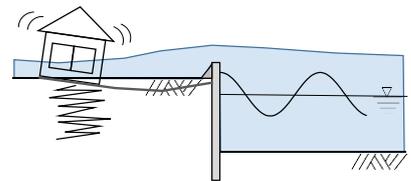


図1 住宅被害の例

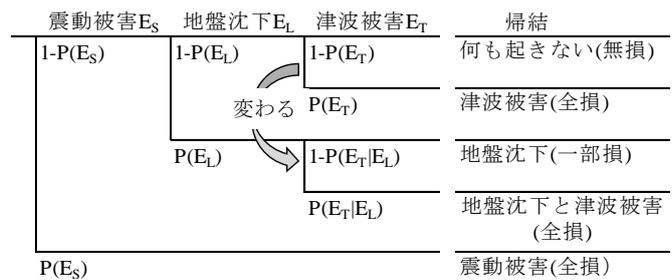


図2 複合被害のイベントツリー

次に、図3に示す工場を例とします。工場は建屋内にある製造設備と外部に設置された電力設備で構成され、この工場の機能をシステムとしてモデル化すると図4のようになります。システムは直列であり、どれか一つでも被害が生じたら機能は喪失します。この場合、建屋の震動被害による復旧期間の確率変数を  $X_B$ 、製造設備のそれを  $X_D$ 、電力設備のそれを  $X_E$ 、さらに津波浸水による復旧期間の確率変数を  $X_T$  とすると、このシステムの復旧期間の確率変数は、 $\text{Max}(X_B, X_D, X_E, X_T)$  のように求められます。ここで、震動による被害は建屋、製造設備、電力設備、別々の要素に分けていますが、津波浸水による被害は一要素です。震動被害はそれぞれ独立に発生しますが、浸水被害は建屋、製造設備、電力設備、同時に起きるからです。つまり、津波被害は完全従属の関係になります。複合被害のリスクを計算する際、被害の従属関係を適切に反映することが重要になります。

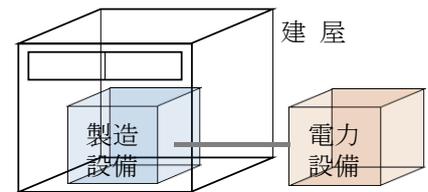


図3 工場施設の例

図4に示すように、システムは直列であり、どれか一つでも被害が生じたら機能は喪失します。この場合、建屋の震動被害による復旧期間の確率変数を  $X_B$ 、製造設備のそれを  $X_D$ 、電力設備のそれを  $X_E$ 、さらに津波浸水による復旧期間の確率変数を  $X_T$  とすると、このシステムの復旧期間の確率変数は、 $\text{Max}(X_B, X_D, X_E, X_T)$  のように求められます。ここで、震動による被害は建屋、製造設備、電力設備、別々の要素に分けていますが、津波浸水による被害は一要素です。震動被害はそれぞれ独立に発生しますが、浸水被害は建屋、製造設備、電力設備、同時に起きるからです。つまり、津波被害は完全従属の関係になります。複合被害のリスクを計算する際、被害の従属関係を適切に反映することが重要になります。

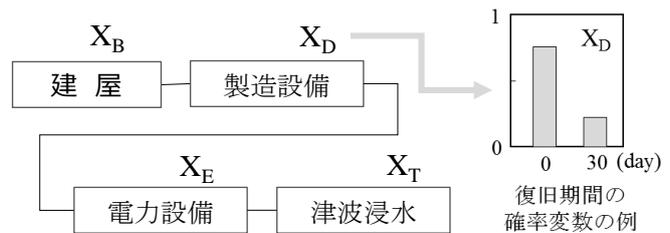


図4 複合被害のシステムモデル