

LNG 基地の信頼性評価における シミュレーションの適用

藤井 貴, 梅村 昌和, 清田 三紀雄

1. はじめに

「安いガスを作ること」「信頼性を向上させること」は、ガス製造部門にとって永遠の課題である。

LNG 基地は専用のタンカーで運ばれてくる LNG を気化し、都市ガスまたは発電用の燃料として供給するガスの製造所であり、その信頼性は都市ガスのみならず電力の安定供給に重大な影響を与える。

お客様に安定してガスを供給するには、より信頼性の高い基地を実現する必要があるが、そのために LNG 基地の設備や機器を冗長化させ、また、その部品の信頼性を向上し続けると、ガスコストは高いものになる。

したがって、LNG 基地およびその設備の信頼性を定量的かつ客観的に表現できれば、LNG 基地における設備投資や設備の稼働計画等を、効果的に支援することができる。

2. 信頼性評価の枠組み

LNG 基地は図 1 に示すように、受入、貯蔵、気化、熱調の 4 つの設備群およびそれらを制御する制御・電源設備からなる。LNG 基地全体としての信頼性評価として、次のような 2 つのフェーズに分割し、順次、評価の枠組みを構築した。

フェーズ 1 では、LNG タンク内に常に供給できる LNG が貯蔵されているという前提で、LNG 基地の信頼性評価を行い、その範囲は貯蔵設備から下流部分を対象とした。下流部分の評価においては、ガスの供給停止要因として、機器の故障のみを考えるので、理論式による解析的手法 (GO-RI, 1960 年代に米国で開発

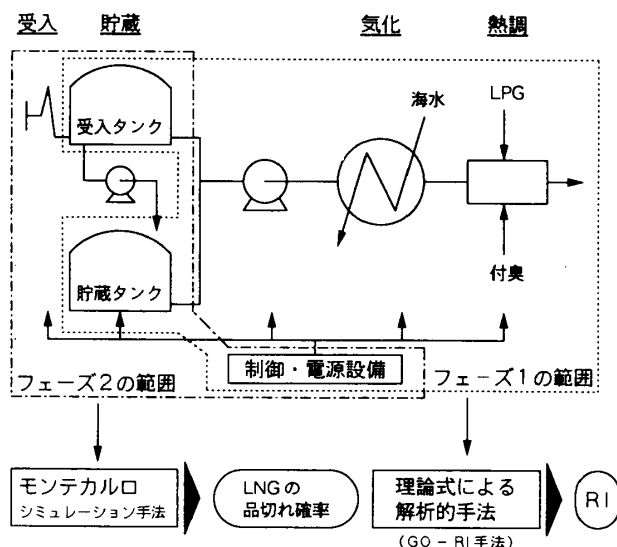


図1 信頼性評価の対象

され、FTA とともに原子力安全性評価に用いられていた GO 手法をもとに修理系の信頼性評価機能を強化した。FTA が事象から原因への展開を行うのに対し、GO 手法では構成要素＝原因の候補、の相互関連から事象を生成する所に特徴がある。）を開発して評価に用いた。

フェーズ 2 では、基地の上流部分として、その対象設備を受入設備、貯蔵設備に拡張するとともに、機器や設備の故障による信頼性（故障確率）のみならず LNG そのものの信頼性（LNG の品切れ確率）を評価できるようにした。

上流部分と下流部分の信頼性評価手法の特徴を表 1 に示す。なお、基地全体の信頼性は、上流部分の評価結果を下流部分にインプットすることにより、その評価を行う。

本報告では、シミュレーション手法を採用したフェーズ 2 の評価の枠組みと、適用例を紹介する。

3. 上流部分の信頼性評価手法

(1) シミュレーション手法の概要

ふじい たかし, うめむら まさかず
大阪ガス(株) 生産技術センター
〒554 大阪市此花区北港1-1-16
きよた みきお (株)構造計画研究所

表1 信頼性評価手法の特徴

上流部の信頼性評価手法	下流部の信頼性評価手法
モンテカルロ法による シミュレーション手法 各機器の故障を評価 タンク内のLNGの在庫 状態を評価	理論式による 解析的手法 各機器の故障を評価 ガス送出量の減少を評価
フェーズ2	フェーズ2

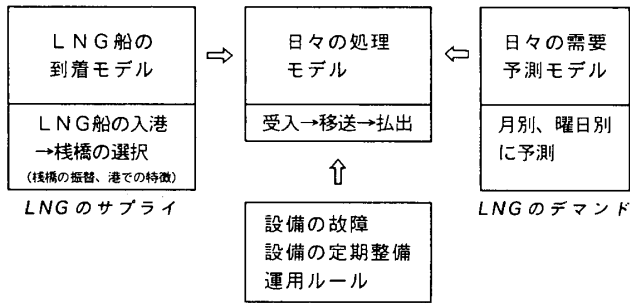


図2 シミュレーション手法の概要

シミュレーション手法の概要を図2に示す。本シミュレーションは、「LNG 船の到着」と「ガスの送出」による LNG 需要バランスを、基地内での受入、貯蔵設備によるバッファを考慮して計算するモデルであり、それぞれ「LNG 船の到着モデル」「日々の需要モデル」「日々の処理モデル」からなる。

a. LNG 船の到着モデル

LNG 船が港に到着してから基地の栈橋に着栈するまでをモデル化し、基地に LNG を供給する。

- ・ LNG 船の港への到着は、
イーブンデリバリー入力（+確率分布）
カレンダー入力（+確率分布）

から選択できる。

- ・ 予定栈橋に到着できない場合は栈橋の振替、港での待機の処理を行うことができる。

b. 日々の需要モデル

過去5年間のガスの送出実績から月別、曜日別のガス送出量分布を求めた。

この分布に従う乱数を用いて、日々のガスの需要量を予測し、LNG を都市ガスとして基地から送出させる。

c. 日々の処理モデル

LNG 船の到着の変動やガス需要の季節間格差のために、LNG 基地には受入操作用のタンクと貯蔵タンクが設置されている。受入設備とこれら貯蔵設備は、LNG の受入処理（アンローディングアームから受入タンクまでの受入）、移送処理（受入タンクから貯蔵タンクへの移送）、払出処理（受入、貯蔵タンクから下流側への払出）を行う。

日々の処理モデルは、設備の故障、定期設備、処理を行ううえでの運用ルールを考慮しながら、日単位でこれらの処理をシミュレートする。

(2) 本手法の特徴

本シミュレーション手法は以下の特徴を持つ。

- ・ 対象基地

栈橋の変更、基地間移送、ガス送出の基地間の融通

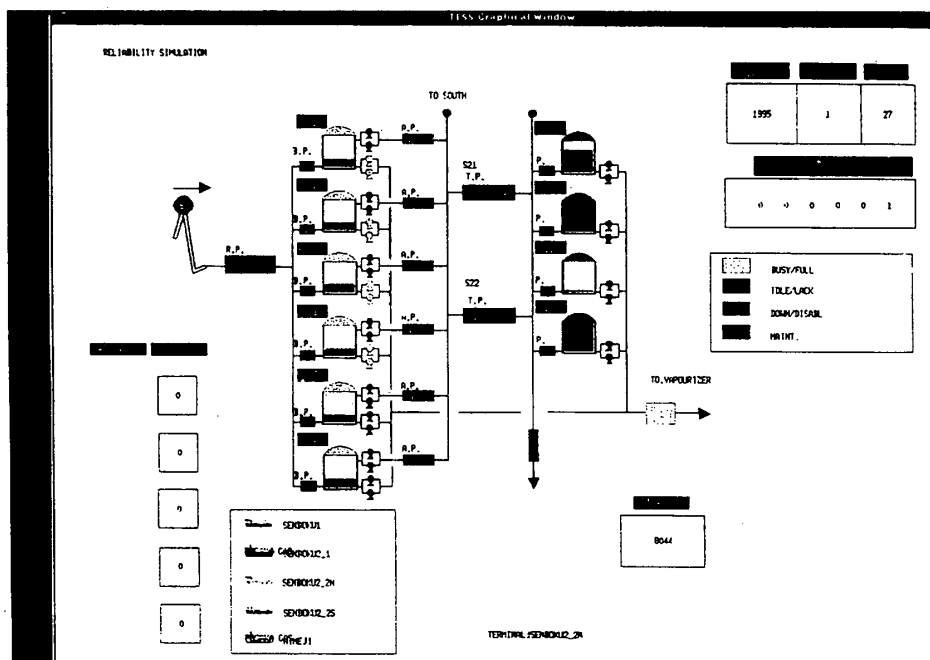


図3 上流側アニメーション例

等を考慮できるため、複数の基地の総合評価ができる。

- ・LNG の物性

タンク内の LNG 物性 (密度, カロリー) の変化が評価できる。

- ・設備故障

機器単位の故障データをベースに求めた, 設備の故障を評価できる。

- ・定期設備

定期設備による設備の停止を評価できる。

- ・出力

シミュレーションの結果をアニメーション表示できるため, 結果の解析が容易にできる。

(3) 評価尺度

本シミュレーション手法の出力として以下の項目が計算できる。

- ・LNG の品切れ確率 (発生確率, 発生頻度, 継続時間)

- ・船の平均待ち日数 (入港から着桟までの時間)

これらの項目より, 基地の上流部分の信頼性を評価する。また, 各タンクの品切れ確率を下流部分の手法である GO-RI 手法にインプットして計算すれば, 基地全体の評価を行うことができる。

(4) アニメーション例

LNG 船の到着, 日々の需要および日々の処理の各モデルは, 離散系シミュレーション言語 SLAM (Pritsker Corp.) で記述し, TESS (Pritsker Corp.) でアニメーションモデルを構築した。図 3 にその例を示す。

4. 上流部分へのシミュレーション手法の適用事例

前節 (3) で示した評価尺度を用いて, LNG タンク等の設備計画をサポートすることができる。以下, その他の適用例を示す。

- ・評価の対象

LNG 受入量の増加と桟橋の二重化の効果

- ・評価結果

船の平均待ち日数

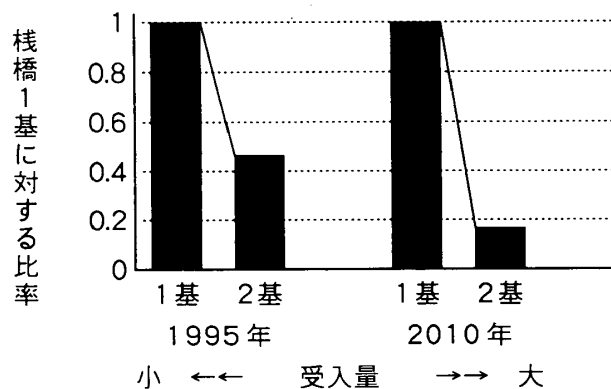


図4 桟橋の二重化の効果

桟橋の数と LNG 受入量との関係を船の平均待ち日数で評価した結果を図 4 に示す。桟橋を 2 基設置した場合の平均待ち日数は, 桟橋が 1 基の場合に比べ, 1995 年で約 50%, LNG の受入量が増える 2010 年では 20% 以下になる。

5. おわりに

LNG 基地の信頼性評価手法とフェーズ 1 の下流部の GO-RI 手法の開発に引き続き, フェーズ 2 として上流部のシミュレーション手法の開発を行った。これらの手法の組合せにより基地全体の信頼性が評価できるようになった。

今後は, 液化基地や LNG 船等, 基地から上流部の評価を行い, LNG チェーン全体の信頼性評価を行えるように拡張していく。

参考文献

- [1] 藤井ら, “LNG 基地の信頼性評価手法の開発及びその適用について”, 日本ガス協会誌平成 3 年臨時増刊号 (第 44 巻第 10 号) P12, 1991
- [2] Fujii T., “Development of Reliability Evaluation Method in LNG Terminals”, 18th World Gas Conference Berlin 91 IGU/H13-91, 1991