

船舶による原材料調達物流システムに関する一考察

98207 李少睿
(指導教官 鶴田三郎)

1 はじめに

近年、日本はエネルギー・セキュリティを高める政策によって、石炭を石油代替エネルギーの重要な柱として位置づけ、その利用の拡大を図ってきた。しかし、国内炭生産量の減少により、需要量の96%(1996年度)を輸入に依存している。特に、発電用燃料などとしての一般炭の輸入が着実に増大しつつあり、港湾設備の増設が必要となっている。しかし、港湾設備の増設には膨大な投資が必要であるとともに、我が国では施設を設置するスペースも限られている。

一方、船舶の海上輸送には航行規制や、潮汐などによる航行・入港制限などの特殊な条件があり、中継港が利用される場合もよくあるため、原材料調達のための物流システムが複雑になっている。

そのため、石炭調達において、発電需要を満足するように調達物流を行なうときに、システム各要素における制約条件の変化がシステムに与える影響を明らかにすることによって、石炭輸送船がネットワーク上をスムーズに流れ、ボトルネックとなる箇所を解消し、バース利用率を向上させることが重要である。

そこで、石炭調達物流システムを待ち行列問題として取扱い、シミュレーションモデルを作成し、これを使って、システム各要素における制約条件の調達物流システムに与える影響を調べる。そして、ボトルネックの解消、また、配船計画の為に意思決定支援システムの作成を研究の目的とする。

2 原材料調達物流システム

2.1 対象とする石炭調達物流システム

石炭の調達物流システムを対象とする。石炭は、海外から船で運ばれ、火力発電所のバースまで来て、バースで卸され、貯炭場に運ばれて行って、最後に発電の為に消費される。石炭調達物流システムの主な構成要素は石炭、石炭輸送船、航路、バース、アンローダ(揚炭設備)、コンベヤ(送炭設備)、貯炭場である。待ち行列の問題として捉えると、航路上の航行制限水域、バース、アンローダ、コンベヤはサービス窓口、石炭はサービスを受けるお客、船はそのお客を運ぶ媒体ということになる。

2.2 モデル化

図1に対象とする石炭調達物流におけるネットワークの概要を示す。待ち行列シミュレーションモデルでは船の到着分布とバース荷役時間分布を外生的に与え、乱数を発生させることにより一隻ごとに到着時刻と荷役サービスに要する時間を決定する。船の到着隻数は消費量の月変動を考慮し、シミュレーションを行なう。

ここでは待ち行列理論を用いて、ボトルネックにおける待ちを評価する為にポイント・キューを仮定した場合の損失時間を考える。本研究においては、システム内の石炭および船がどのように動くかが重要であり、シミュレーションソフトとしての離散系プロセス主体シミュレーションソフトでビジュアル機能に優れているProModelを選んだ。

3 シミュレーションの実行結果および考察

3.1 パラメータの設定

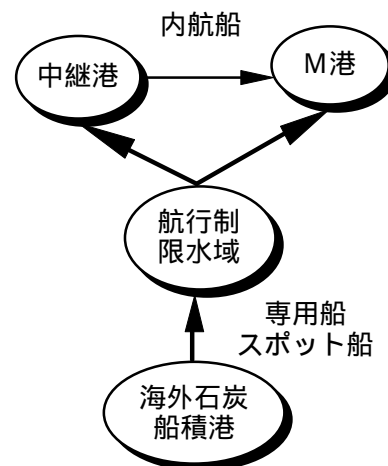


図1 モデルのネットワーク

作成したシミュレータを日本最大級の火力発電所の石炭調達物流システムを想定し適用した。船は航行制限水域から十分に離れた点で発生させた。パラメータは調査により得たデータを基にして設定した。到着単位は個別到着、サービス窓口は M 港 2 バース、中継港 1 バース、および航行制限水域、制限水域手前のポイント・キューでは無制限待ち行列可能とする。客の到着分布として専用船とスポット船の特性によって、各々 3 次のアーラン分布にしたがって発生させる。

3.2 実行結果

3.2.1 月間原因別船の待ち時間

図 2 に示す月間待ち時間より、待ち時間の多い時期は 1 月、6 月、7 月、8 月で、各々の待ち時間は 228 時間、295 時間、140 時間、150 時間である。主な原因としては図に矢印で示しているように、1 月は年末年始にかけての荷役作業停止があるため、この期間の待ち時間が 1 月に集中するため、時間が長くなっているといえる。6, 7, 8 月においては、各バース 40 日間の点検期間があるため、利用できるバースが 80 日間にわたって 1 バースに制限される。また、6 月から 9 月にかけては石炭消費量が多い為、この時期到着船舶数も多くなっている。このバース数の制限と到着隻数の増加により、待ち時間が長くなっている。

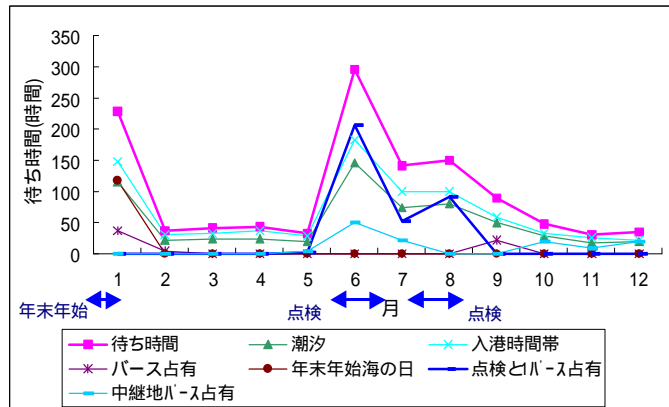


図 2 月間原因別船の待ち時間

3.2.2 時間帯原因別船の待ち時間

図 3 に示す時間帯原因別船の待ち時間をみると、朝 5 時までは待ち時間が徐々に増加して行き、5 時に急に減少していることがわかる。5 時までは入港時間帯制約がある為、増加している。その後、ポイント・キューから M 港に向けて入港するため、待ち時間が減少する。また、6 時から 8 時にかけて、少し待ち時間が長くなっているのは、出港制限のため夜 18 時から翌日の朝 8 時までの間、船が出港できない為、夜 18 時以後に荷役作業が終わった船が、朝 8 時までには出港できず、バースを占有する為と考えられる。

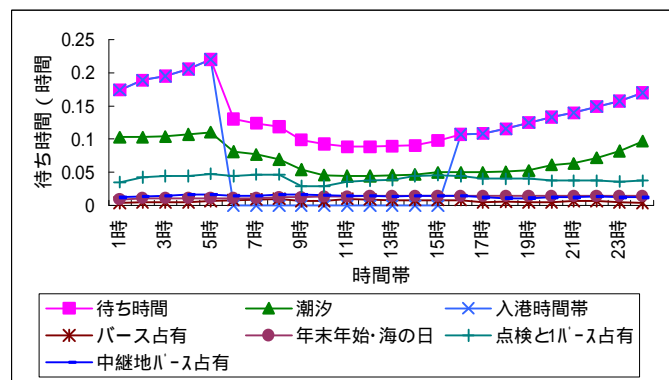


図 3 時間帯原因別船の待ち時間

3.2.3 月間バース利用(占有)率

バース利用(占有)率は、6 月から 8 月にかけて、1 バースずつ 40 日間の点検期間に入るため、この期間のバース利用(占有)率は急上昇し、6 月は 65.4%、8 月は 56.5%となっている(図 4 を参照)。これは、占有時間の増加よりも、占有可能時間が大幅に減少する為、占有率が大きな値となったためである。

図2において、待ち時間の長かった月は、1月および6月から8月であった。この期間の占有率は1月34.3%、6月から8月のかけては41%~65%であった、月間の占有率が約35%を超えると待ち時間が急増する傾向が見られる。

3.3 改善案の検討

3.3.1 検討ケース

待ち時間、待ち隻数、バース利用率が増加する原因となる可能性の高いものとしては、高いものから点検時期、年末年始、入港時間制限となることが判った。

点検時期が石炭消費の多い期間に重なるとともに、ほぼ連続して実施されている為、まず、点検時期を変更することを考えた。

変更にあたっては、船の到着隻数をもっとも少なく待ち時間の少ない、3月中旬(77日目)からの40日と10月下旬(294日目)からの40日に点検時期を振り分ける案と、両バースとも約4ヶ月ずらし、10月はじめ(273日目)からの40日と11月中旬(323日目)からの40日にする案について検討することにした。

また、入港時間帯を拡大する

効果、年末年始1バースを稼働させることの効果、中継港を使わない場合の効果について検討することとした。

3.3.2 点検時期変更について

図5より、点検時期を前後に振り分ける案では、6月の待ち時間は基本ケースの295時間から70時間に減少し、ほとんどピークが見られなくなった。これに対し4月に待ち時間のピークが表れ、待ち時間は145時間となった。11月については待ち時間は89時間であり、大きなピークは見られない。

図6より、点検時期を後ろにずらす案では、6月の代わりに、7月にピークがずれたが、待ち

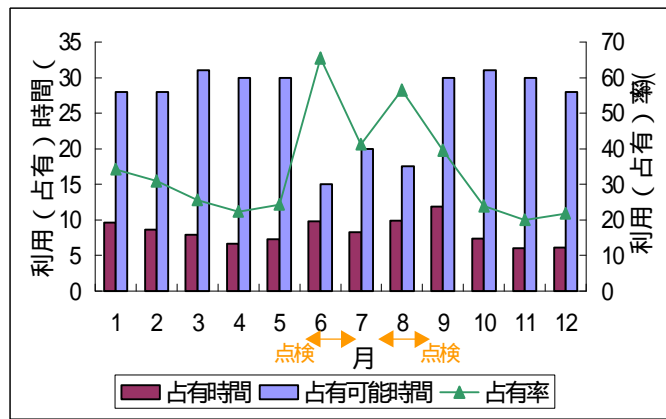


図4 月間バース占有率

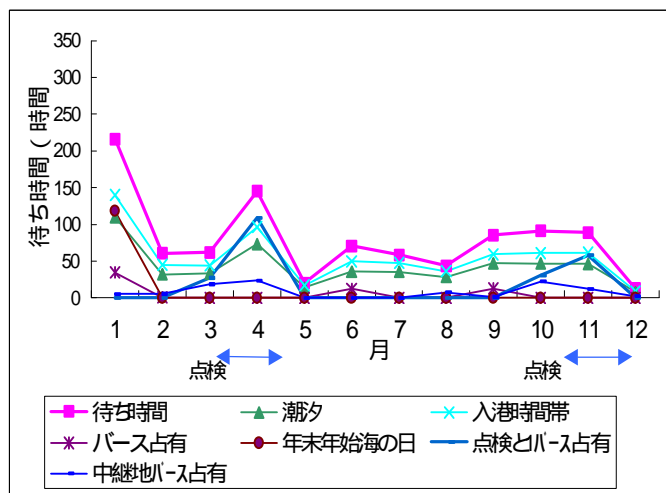


図5 点検時期変更による船の待ち時間

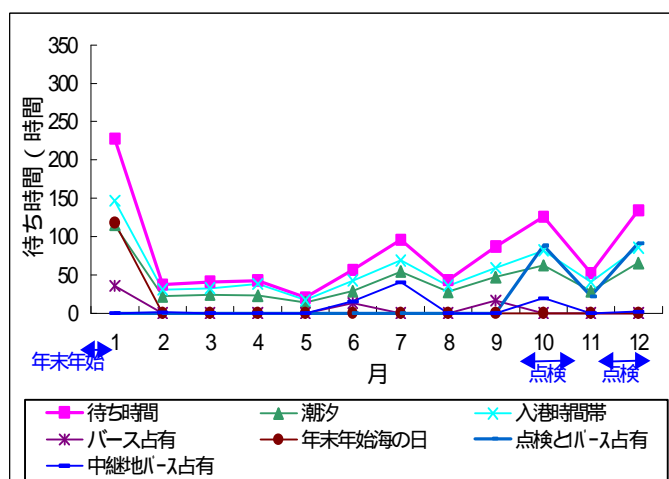


図6 点検時期変更による船の待ち時間

時間は96時間に留まっている。これに対し10月の待ち時間は126時間、12月は135時間となった。

年未年始を除いた最大待ち時間は案、案とも大幅に減少している。案の方が案より大きい値となっているが、その差は僅かである。基本ケースでは年平均11.5隻の船がポイント・キューで待つこと無し入港できたが、点検時期を変更した案においてもこの数値はほとんど変化なかった。しかしながら、1船の最大待ち時間は基本ケースの116時間から案では77時間に大幅に減少した。当然のことであるが、年未年始の待ち時間のピークは約220時間であり、変化はない。

3.3.3 入港時間帯の拡大について

入港時間帯の拡大については、早朝の時間拡大を行なった場合は拡大した分だけ待ち時間の短縮が期待できる。これに対し、実現の可能性の高い夕方の入港時間帯拡大を行なった場合、待つことなく入港する船が増加する可能性があり、この場合、朝の作業開始まで待つ必要がなくなる為、大きな効果が期待できる。そこで、夕方の作業時間延長について、検討を行なうこととした。

基本ケースにおける全船舶の合計待ち時間は1170時間、作業時間を3時間延長した場合、合計待ち時間は910時間となった。この差260時間を待った船の隻数約60隻で割ると約4時間となり、作業時間の延長に加えて1時間の待ち時間の減少をはかれたことになる。また、狭水道航行管制を考慮した船の入出港時間帯を3時間拡大した場合、待つこと無しに入港できた隻数は11.5隻から15隻と増加した。

3.3.4 年未年始1バースを稼働させることについて

年未年始の荷役作業は2バースとも停止するため、待ち時間が大きくなっている。そこで、1バース稼働した場合の影響をみることにした。その結果、1月の待ち時間が基本ケースの218時間から124時間に減少した。しかしながら、1船の最大待ち時間には減少は見られなかった。また、トータル待ち時間の減少は約60時間と、全体にあたる影響は小さかった。原因としては、年未年始は期間が6日と短い為であると考えられる。

3.3.5 中継港の有無について

中継港を使わない場合、年間トータル待ち時間は約82%に減少し、船の平均待ち時間、待った船だけの待ち時間が減少した。また、M港の貯炭量が増えたとともに、安定性が低くなったことが分かった。中継港がある場合のM港の貯炭量は最小で154千トン最大で451千トンであったのに対し、中継港がない場合には最小で259千トン、最大で670千トンとなった。最小値に対する最大値の比は、前者で2.93、後方で2.58と中継地を使わない場合の方が比率は小さい。しかしながら、最大と最小の貯炭量の差でみると前者は297千トン、後者は411千トンとなり、変動幅でみると中継地を使わない場合の方が差が大きくなった。

中継港を使わない場合、内航船が必要なくなる為、年間バース占有率が減少すると考えたが、実験の結果は基本ケースとまったく同じ31.3%であった。これは、バース占有率を時間単位で計算したことによると思われる。外航船の平均荷揚げ作業時間が60時間であるのに対し、内航船は同量荷揚げする為には、一回6時間で、10航海必要であり、時間でみた場合両者には差はない。バース利用日数でみた場合には両者には差が出る可能性がある。

4 結論

船舶による原材料調達物流として石炭の調達を対象とし、この調達物流を表わす石炭調達物流シミュレータを構築した。そして、このシミュレータを用いて点検時期、入港時間帯拡大、年未年始1バース稼働、中継港の有無の影響等について検討を行なった。さらに、システムにおけるボトルネック解消の総合解決案を提案した。得た知見を港湾整備に役立たせることができると考えられる。今後としては、バース、船の建設、運営に関するコスト的なデータを考えて、システム最適化を取り組んでいこうと考えられる。