

石炭焚き船の設備に関する検査要領解説

石油の代替燃料として石炭利用技術の開発は、船舶分野においても活発となり、石炭焚き船を設計計画する際の安全性確保のための技術基準作成の要望が各方面から寄せられた。一方、当会の現行規則E編は、油焚きボイラを対象とした規定であるので、石炭焚き船の設備に関する技術基準については、新しく規則を作成するか又は規則の運用によって検査要領に追加する必要がある。

今回は、石炭焚き設備が開発途上にあり、まだ、ほとんど実績が得られていないこと、近い将来、更に新しいシステムや装置が開発されるであろうことなどを考慮して、石炭焚き方式としては最も実現性の高い塊炭生焚きのメカニカルストーカ方式を中心とし、石炭の貯蔵、移

送、給炭、燃焼、灰処理等の諸設備に関する技術上の指針を検査要領として示した。

以下、本検査要領作成に当たって検討された事項及び省エネルギー研究会、規則改正専門委員会、技術委員会など、当会内各種委員会において取り上げられた問題点等を含めて全般的な解説を行う。

1. 通 則

1.1 一 般

本検査要領は、主ボイラと重要な補助ボイラの燃料として石炭を用いる船舶の設備に適用できるが、ディーゼル船の補助ボイラに石炭を使用する計画は、ここ当分は

表 1 各種石炭焚き方式の比較

方式 項目	ス ト ー カ 式	微 粉 炭 式	流 動 床 式
実 績	往年の船舶に多数の使用実績がある。外国においては稼働中の船舶もある。国内産業用ボイラとして使用中のものもある。	船舶用としてはほとんど実績がない。陸用ボイラとしては高温、高压用、全自動ボイラとして実績がある。	船舶用、陸用とも実績はない。焼却炉としての実績はある。欧米では産業用ボイラが実用化の段階にある。
構 造	機械式で構造は比較的簡単。中容量のボイラに適す。	システム全体としてやや複雑。ただしボイラ構造は簡単。大容量のボイラに適す。	設備は小型軽量化可能。ただし予触媒装置、再生装置などが必要となる。
コ ス ト	施設費、所要動力、消費費やや大。(火格子の消耗等)	施設費、所要動力、消費費大。(特に微粉炭機、デスラッグ、スーブブロウ、集じん装置に関して経費大)	触媒装置等を要す。ただし空気予熱器、送風機、ミル、クリンカアッシュ処理設備不要。総合コストは不明。
ば い じ ん	比較的少、フライアッシュは数パーセント程度。	量多い。フライアッシュは 30～50% 程度以上。	極めて少量。脱硫脱硝装置不要。
石 炭 性 状	均一粒度、均質が望ましい。水分含有量幅大。Dryer 不要。塊炭の使用。	広範囲の石炭が使用可。水分除去の要あり。Dryer 要す。微粉炭の使用。	広範囲の石炭が使用可。ただし粒度は調整要す。極めて粗悪な石炭使用可。
完全自動化	負荷変動対策など困難な点もあるが可能。	可能。	可能。触媒装置についても研究中。
ボイラ性能	やや劣る。(熱回収が困難)	良好。高性能化可能。	良好。高性能化可能。
許 容 最 小 負 荷	20% 程度まで微粉炭より良好。	40% 程度。ただし改善方法も開発中。	ターンダウン比改善のためには設備の増強を要す。
負荷変動時の燃焼性	追従性劣る。点火、消火に時間がかかる。	追従性良好。点火、消火時間早い。	一般に追従性はよくない。安定燃焼のためには更に研究中。
そ の 他	炭塵による爆発の危険性小。船の動揺、振動、傾斜への対策要す。スプレッド、火格子の保守必要。	炭塵対策必要。自然発火の危険大。微粉炭機の振動、騒音対策、微粉炭機とその付帯装置の保守必要。	傾斜、動揺に対する安定性の研究要す。火炉ボイラ管の損耗対策要す。

出現しないものと考えられる。

また、石炭焚き船は、当面、燃料炭の安定供給と運航採算面で有利と予想される数万トンから十数万トン級の専用船で、18,000～25,000 ps 程度の蒸気タービンと 50～65 kg/cm², 450～520°C の中型水管ボイラを装備する船に実現性が高い。したがって、これらの諸条件を満たす石炭焚き方式としては、表 1 のとおり、現段階で建造費、維持費、実績面等でやや優るメカニカルストーカー方式が最適とみられている。ただし、高性能化や自動化に有利な条件をもつ微粉炭方式や、新しい時代のボイラとして脚光を浴びている流動床方式が、早晚導入されることもあり、また、陸上設備の開発に併行して COM やスラリー炭利用の可能性についても将来考える余地がある。したがって、検査要領は主としてメカニカルストーカー方式を対象とする指針とし、他の方式の設備についても準用できる構成とした。

一般に石炭焚き船の計画に当たっての課題は、当初に予定した炭質の石炭の安定した購入と石炭の成分、粒度等のばらつきの許容範囲で、適用する船舶の諸元、航路、設備配置、ボイラ型式等と密接な関係を有する。すなわち、燃料炭の性状に応じた設備の機能や性能など、主としてハード面での配慮と、港湾における運航や公害規制

に関する諸設備の強化を含めたシステムの安全と安定の両面から設備を選定する必要がある。そのため、提出図面及び資料については特に使用する石炭の種類及び性状、ヒートバランスや余剰蒸気処理など、システムの機能の安定維持を重視した内容とした。

炭化度による自然発火性を考慮した設備配置、粘結性や粒度のばらつきと円滑移送及びセグレーションの防止を考えた設備、含有灰分とボイラ燃焼装置や灰処理能力など各個の設備要件は、かなり異なったものとなる。

1.1.4 の危険場所は、石炭から生ずるガス（メタン、水素、CO）及び炭塵（ダスト）が存在し、爆発性混合気を形成する恐れのある区画や区域について、爆発、火災の危険防止の観点から分類した。ここで、石炭庫内部及び同通気ダクト内部並びに移送設備等の通気ダクト内部には、常時ガスが存在するものとして取り扱った。

1.1.5 及び 1.1.6 は、登録検査及び定期的検査の際における石炭焚き設備の試験検査について指針を示したもので、図 1 に示す石炭の移送から給炭、燃焼までの各設備及び灰処理設備について、全般的な現状検査と各種駆動装置の制御、安全警報装置等の効力試験のほかに、高密度移送管（Denseveyor）やメカニカルコンベア及び給炭設備で石炭に直接接触する部分の摩損や汚損、常時は

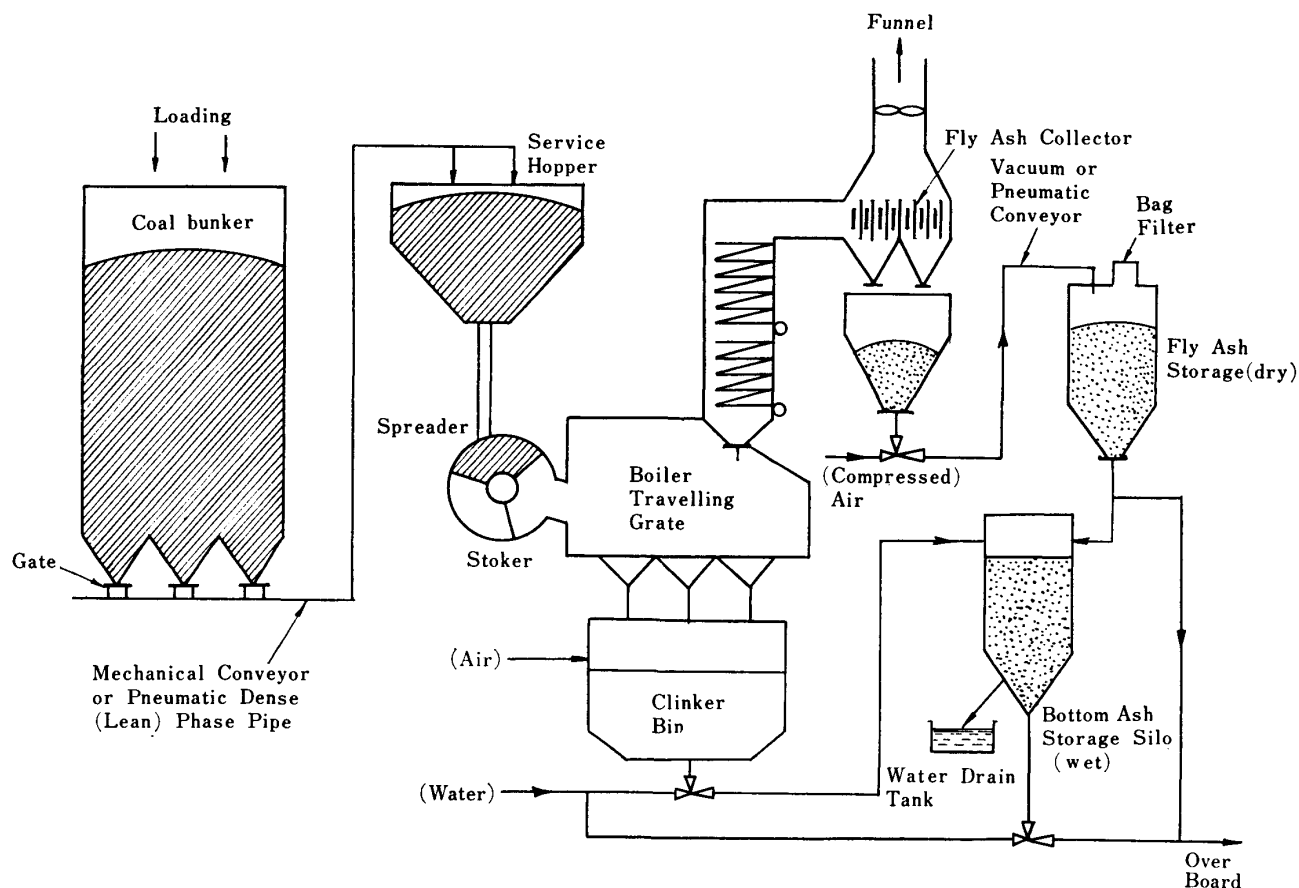


図 1 石炭焚き設備の概略図

作動しない安全装置や補助バックアップシステムなど、特に設備の特性や機能に見合った検査が必要と考えられる。

なお、バンカに付属する載炭用のシャトルや可動シュート、ブリッジプレカ、ダストコントロール装置などがある場合には、これらの作動試験を行う必要がある。

2. 設備の配置

2.1 一般

石炭焚き設備の配置において留意すべき事項は、陸上設備の実績は必ずしも適用できないことで、特に船舶固有の動揺、傾斜、振動など、周囲環境によって損傷を受けたり、機能に障害を生じないように設計すべきである。次に 2.1.2～2.1.5 に示すボイラを含めた石炭焚き設備の容量と数は、IMCO Resolution A325 (74 SOLAS

Amendment Draft) に準拠して図 2 のとおり、原則としていずれの装置又は系統に故障を生じても航海に支障を及ぼさないものとするが、予備装置の能力を常備と同程度の 2 重性とするか、緊急航海用の待機性とするかは、損傷予想頻度 (例えば MTBF, MTTR など)、システムの重要度、検査間隔と方法及び経済性などから決められる。

2.1.6 及び 2.1.7 は、推進蒸気プラントの安定性について指針を示したもので、低負荷時における蒸気系熱バランスの保持及びボイラや蒸気タービンの安定化並びにボイラの応答性及びターンダウン比の劣性による船舶の操縦性に与える影響について、十分、検討する必要がある。例えば各設備に見合ったダンプ装置の能力、復水、給水系の追従性を含めて、負荷変動時の制御手順を設定しておくことも必要であろう。

2.2.1 は、居住区などの区画にダストが侵入して火災の原因となったり、無防備の機器や装置が汚損されて機能喪失を起こさないように一般的な注意を喚起したもので、ダストを生ずる恐れのある石炭設備はなるべく隔離することが望ましい。また、自然発火予防のために石炭庫には温度計を取り付けて監視するとともに、熱源からの加熱を防止する対策が必要である。なお、石炭のガスやダストを排出するトンネルや区画には、通気シャ断の状態に閉鎖できる装置とダストの拡散を防止するフィルタなどの脱塵装置を設置し、また、通気装置を通して他区画を汚損しない配慮をする。

2.2.4 は、ビルジ装置に関するもので、石炭塊の落下や飛散によるビルジ管の損傷 (浸食、腐食など) やビルジだめの閉そくが生じないように、石炭粒の脱落を防止するとともに容易に掃除ができるような配置とする必要があることを示した。

3. 石炭設備の構造

3.1 一般

石炭庫やコンベア、給炭ホッパなどの石炭粒に接触する部材については、耐磨耗性材料を用いるとか、増厚によって早期の損耗を防止する必要がある。石炭庫や給炭ホッパの最小厚さ及び予備厚さは、通常、9 mm 以上及び 2.0 mm 以上とされる。

3.2 石炭庫

石炭庫は、積載時に均等高さに配分するためにシャトルや可動シュートなどの固定設備が必要な場合もあるが、受入れ設備、石炭庫配置、ハッチ形状などとともに十分な検討を要する。

一般に石炭受入れ時の問題としては、付着粘土の洗浄、

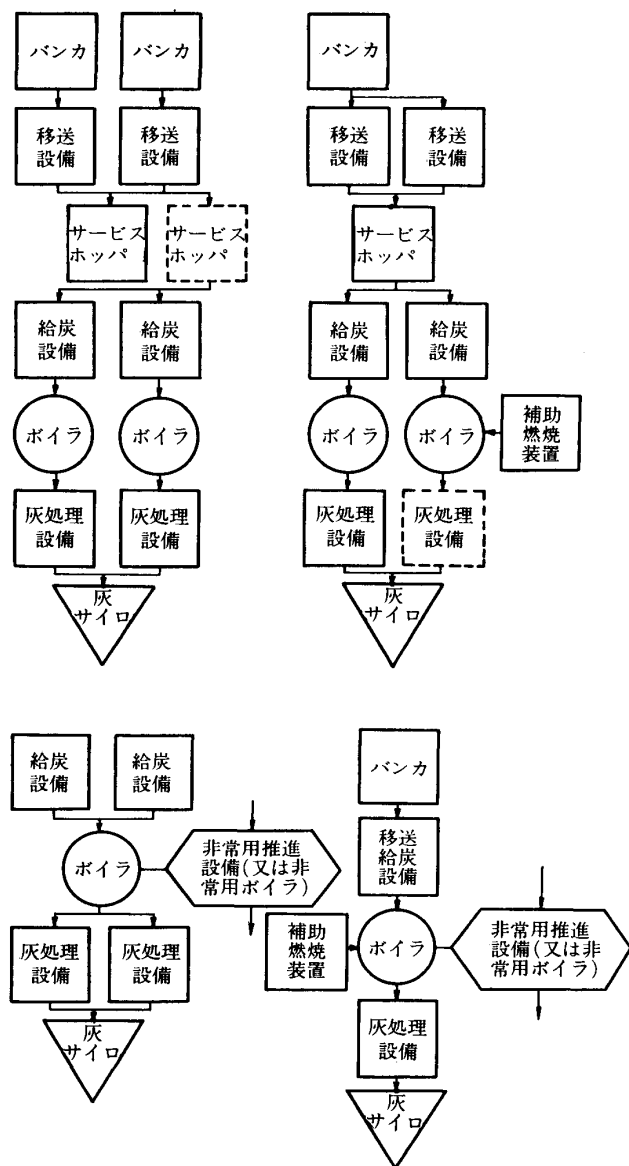


図 2 石炭焚き設備の配置

金属片、木片、岩石等の混入防止、粒度の調整、多量水分の浸入防止などがある。これらの処理が不十分な場合には、移送から給炭、燃焼に至る過程で各種のトラブルを生ずる恐れがあるので、陸上施設で解決できない事項については、船内設備での補償を配慮しなければならない。

一方、石炭庫から移送設備への供給は、サービスバンカレベル又はボイラ給炭制御装置からの信号によって、石炭庫下部に設けられた電動ゲート弁、空気又は油圧駆動弁を経て重力で落下されることになる。この重力落下のためのホッパ又は取出口は、石炭のブリッジや滞留を避け、円滑な流動を確保する傾斜が必要で、有効な傾斜角は $50^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 以上として陸上設備では基準化されている。また、出口は、形状、寸法、コンベアへの給炭方法等によって相違するが、摩損や腐食を軽減するためにステンレス鋼やステンレスライニング等が用いられることもある。このほか、石炭庫は、貯炭の停滞を生じたり、積載時に損傷を受けないように内部構造を単純化すること及びボイラ、蒸気管等の加熱源から隔離することが必要である。石炭の自然発火は、空気接触面積の大きいダストや粉炭の長時間の堆積と温度上昇及び空気流通に起因するケースが多いので、特に揮発分が高く、微細な粉炭を多く含む炭質で、採掘後3か月程度の新しい石炭を取り扱う際には、内部の流動を良くし、かくはんによる表面温度の低下と局部的な一酸化炭素の滞留を防止するのが安全である。一方、自然発火性の強い石炭を積載した場合には、石炭庫の通気をシャ断するとか、必要に応じてイナーティングや重油によるコーティングを考慮する対策もある。

3.2.5 の庫内の爆発に対する安全措置は、万一事故が生じた場合でも被害を最小にとどめるもので、放爆ハッチ、逃し弁等も考えられるが、適切な爆発予防対策を講じるのが望ましい。

3.3 移送設備

石炭庫からサービスバンカ又は給炭ホッパへの移送には、機械式コンベアやエレベータ又は空気式送炭管の利用が考えられるが、石炭庫ゲート弁、コンベア等の故障を想定して、なるべく多数のローディングポイントと独立のコンベアを配置し、ボイラへの給炭が中断しない対策が望まれる。

低圧のコンプレッサと空気タンクを配備する Dense Phase Pneumatic Conveyor System による移送においては、給炭ホッパレベル又はボイラ負荷からの指令によって送炭がバッチ処理されるが、このシステムでは、曲管部における石炭の閉そく、管内壁の摩損、空気装置への粉塵やドレンの侵入防止、給炭ホッパ内での過圧防止、

ダストによる爆発や火災対策に特別な配慮が必要となる。また、機械式移送装置は、全体をダクトやトンネル内に収容し、離脱する石炭やダストの拡散を極少にとどめる配慮と、軸受などの過熱や電氣的火花によって移送中の石炭やダストに着火し、火災又は爆発が生じないような細部の対応も重要である。

3.4 給炭ホッパ

移送装置からの石炭は、ボイラ室上部のサービスバンカ（給炭ホッパ）又は給炭機に付属するフィーダホッパに供給され、フィーダ、ロータリ式などのスプレッド又はディストリビュータを通して火格子上に散布又は投入される。このサービスバンカ又は給炭ホッパの総容量は、コンベアが一時的に故障しても数時間から十数時間は、ボイラの運転が続行できる程度の能力（ロイド船級協会では12時間の最大負荷燃焼量を要求）を有するのが望ましいが、給炭制御方式、移送設備配置などの設備全体の機能性から計画すべきであろう。給炭ホッパの構造は、石炭庫に準拠し、円滑な流動状態が維持されるとともにセグレーションを避ける配置とする。特に微細炭が局部的に滞留すると石炭の流動に伴うかくはん冷却が阻害され、温度上昇とガス停滞によって自然発火の危険が高まり、また、ボイラへの給炭粒度に不均等を生じて燃焼むらの原因となる。

その他、給炭ホッパ内部における爆発又は火災の安全措置については、石炭庫に準じて緊急時の給炭のシャ断装置及び通気装置が必要であるが、爆発が起こっても被害を最小にとどめることができる脱塵器等を通した密閉サイクルを取る方式や、上部にフィルタを設けた大気開放方式などでは、通気装置は省略できる。特に Dense Phase 移送方式の場合には、ホッパ内の圧力を逃がすための調整装置が必要で、1次爆発が生じた後の2次的な爆発及び火災防止に各種の考案がなされている。

3.5 粉砕設備

石炭粒度調整のために粉砕設備を設ける場合の指針で、粉砕時に生ずるガスやダストに引火する爆発、火災の安全対策について十分配慮した構造とすること、及びドライヤが設けられたものでは、火災防止上高温の空気がバンカやクラッシュ動作部に流入しない構造とする必要がある。

4. ボイラ及び灰処理設備

4.1 ボイラの構造

ボイラにおける障害としては、燃焼室のガス爆発、バックファイア、煙路火災、灰処理設備内火災、フライアッシュによる汚損、侵食及び腐食、不均一燃焼による局

部過熱などの対策を配慮する。そのためには、ストーカ装置に対する燃焼，誘引及びオーバファイア送風装置との相対的な安全制御，排煙濃度の検出，火災の監視，温度や圧力の監視が必要である。また，アッシュカットや腐食対策としては，燃焼ガス流路やガス速度の適正化のほか，スートブロワによる清掃も重要であるが，スートブロワ作業頻度の増加は，侵食や腐食の促進因子になることもあるので注意を要する。なお，産業用ストーカ式ボイラにおいて，燃焼ガス通路の管群が平均 0.14 mm/Y，クリンカホップで 0.34 mm/Y の腐食率を示した事例が報告されている。[＊]

4.2 付属装置

石炭焚きボイラでは，ショートウォータ事故時の応急対策として油バーナのカットに相当する適当な手段がない。したがって，水面レベル警報を２段階に設定して水位の低下を生じない事前対策に重点をおき，給炭停止及び燃焼空気の停止や制限等の処置は，やむを得ない場合のみに限定した。後者の緊急対策の効果，事後処理等については今後の研究課題であろう。

次に，ボイラの全体構造は，油焚きに比較して火炉，燃焼室，煙路など，液体と固体燃料の差異によって著しく異なるほか，燃焼室負荷や燃料発熱量の低下，フライアッシュによる汚損と摩損対策のためにスペーシングや管配置に特徴を有する。一般にボイラ火炉の寸法は，油焚きに比べて 1.5～2 倍の容積となり，煙路や燃焼空気室，フライアッシュ回収のための空間部などを含めると総体的にかなり大型になると思われる。ドラムやヘッダの形状や寸法には大差がないが，負荷変動時のキャリオーバの防止，低熱負荷のための降水比の変化，ドレン生成防止，低水位発生時の対処等に考慮が必要で，ドラム寸法を若干，増大せざるを得ないかも知れない。また，燃焼効率を上げるために燃焼室温度を高くすると灰融点に近づき，灰が管に付着して伝熱を阻害し，かつ，腐食の要因ともなる。一方，水冷壁面積を増加して燃焼室負荷を上昇することは可能であるが，火格子や同駆動装置等，燃焼室周りの諸損傷及び灰によるトラブルなど，保守運転上の問題を避けるために伝熱面負荷をあまり大きくすることは得策でない。

表 2 に標準的な燃焼室許容負荷率を各燃焼方法別に比較して示す。また，火炉において燃料の燃焼によって発生する熱量は，ボイラ型式及び燃料種類が定まればほぼ一定の相関にあるので，火格子面積と伝熱面積との比もある範囲内に制限され，表 3 のとおりとなる。なお，ボイラ本体（水冷壁を含む）の伝熱面積 1 m² 当たりの燃焼室容積は，一般にストーカ方式ボイラでは 0.08～0.18

表 2 燃焼室許容負荷率の比較

燃 焼 方 法		燃焼室許容負荷率 (kcal/m ² h)
石 炭	ストーカ（水冷壁なし）	200,000～350,000
	ストーカ（水 冷 壁）	250,000～500,000
	微 粉 炭	250,000～400,000
重 油	蒸気バーナ（水 冷 壁）	300,000～600,000

表 3 伝熱面積と火格子面積の比（％）

石炭種類	面積比
歴 青 炭	40～50
褐炭（良質）	37～46
褐炭（劣等）	33～41

m³（微粉炭方式では 0.13～0.40 m³）とされている。

次に火格子の移動速度は，炭質，粒度，燃焼率などに左右されるが，一般には給炭量，火格子上の炭層厚及びボイラ負荷率によって制御され，0～10 m/hr 程度に設計される。この燃焼率は，使用燃料種類と通風量に支配され，揮発分の少ない炭質では炭層厚を薄くして燃焼時間を増し，細粒及び粘結性のものほど，燃焼率を低くする必要がある。また，火格子には火格子棧の冷却，灰の落下，燃焼空気の流通のために適正な隙間を選定する必要がある。燃焼効率，火格子冷却のためには隙間が広い

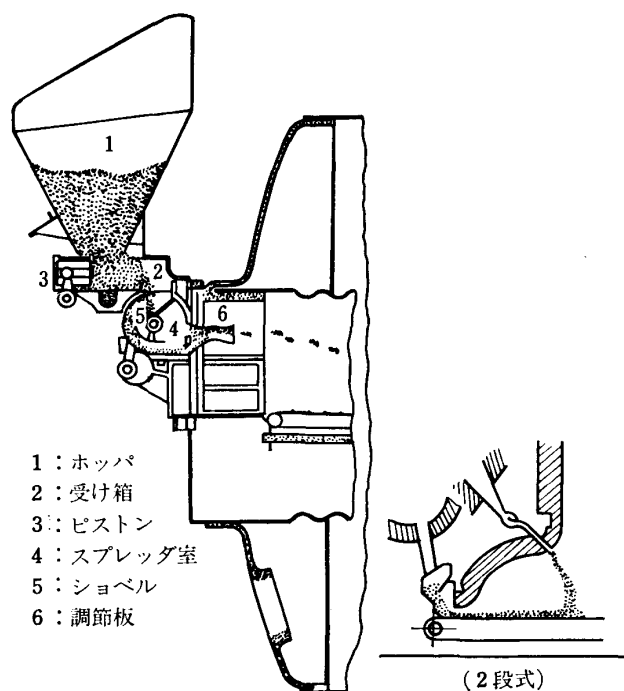


図 3 スプレッダストーカの例

方がよいが、粒度の小さい石炭や燃焼中の灰が落下する欠点がある。したがって、この隙間は大粒度の石炭や粘結炭の場合には大きくとり、一般的に 4~8 mm が選択される。

このほか、石炭焚きボイラでは油焚きに比べて熱負荷を低く計画されるのでスクリーン管は数を減少して燃焼ガスの通路を増加し、S/H スペースや管群間隔についても灰による侵食の軽減、シンドラの付着防止などを考慮し、かつ、スートブロワの適正配置によるばいじんやクリンカの清掃を容易にする構造が推奨される。図 3 に古い陸上設備で用いられているスプレッドの 1 例を示すが、一般にスプレッド方式のボイラでは、フィーダからの石炭は、ショベル、ロータリディストリビュータなどを通して投入されるので、粘結炭や水分含有量の多い炭質には適当ではなく、また、燃焼効率を上昇させるためには、ある程度、粒度を選別して炉床への給炭位置を変えたり、大粒炭を下層に、細粒炭を上層に散布する方法などによって、火格子上に留める燃焼時間を調整する考案がなされている。給炭機は、ダストやドレンに起因する損傷や故障、石炭接触による摩損や腐食、火炉に露出する部分の放射熱による焼損を避けるほか、給炭機内での火災対処に特別な注意が必要で、また、火格子、スプレッドケーシングなどの高温にさらされる部材は、適当な方法で温度監視するのが望ましい。

石炭焚きボイラにおいては、燃焼を良好に保ち、ボイラ室の環境保全のために、平衡通風システムが採用され、強制通風装置 (F.D.F.) と誘引通風装置 (I.D.F.) の併用によって、炉内は基本的に負圧が保持される。

このため、I.D.F. と F.D.F. の圧力又は流量は常時監視し、火炉や煙路内の圧力上昇及び異常な真空圧力の発生は危険であるので、早期に検出して対策を講じる必要がある。通常、I.D.F. と F.D.F. の相互に自動的な制御とインタロックが設けられる。火炉又は煙路の圧力不平衡の要因には、異常燃焼のほか、送風機及びダンパの故障、送風量制御装置の不良、煙路の汚損、エアークーシングの漏えい、I.D.F. 羽根のエロージョン防止等のために吸引側に設置される除塵器の閉そくなどがある。このうち、異常燃焼の原因としては、ストーカやオーバファイア空気装置の故障、灰の固形化などがあるが、不適正な空気過剰率、成層現象及び空気ダンパの開度不良も考えられる。

表 4 及び表 5 に、各種石炭の燃焼に必要な理論空気量とベレーによる適正空気過剰率を参考に示したが、油焚きボイラに比べて、石炭では空気供給量すなわち空気過剰率を大きくとり、不完全燃焼による黒煙発生を抑制

表 4 燃焼に必要な理論空気量

石炭種類	必要理論空気量 (Nm ³ /kg)
無煙炭	8.5~ 9.0
歴青炭	6.0~ 8.5
褐炭	4.5~ 6.0
重油	10.2~11.5

表 5 ベレーによる適正空気過剰率

石炭燃焼方式	空気過剰率
ストーカ式	1.45~1.50
微粉炭式	1.25~1.30
重油 (蒸気バーナ式)	1.20~1.25

する必要がある。また、不完全燃焼ガス、完全燃焼ガス及び空気過剰ガスが炉内で十分に混合しない、いわゆる成層現象を防止するためには、各風量におけるダンパ開度の調整、押し込み空気導入角度の適正化などが挙げられるが、このほか、かくはん用の空気設備を配置することも考えられる。

燃焼空気は、火格子の冷却を兼ね、その大半は、ウィンドボックスを経由して火格子内部に供給されるが、燃焼促進のために小型のオーバファイアファンによる空気が火格子上の石炭に注入される方式も採用される。また、燃焼空気の一部は火格子下部にも供給されるが、この場合、灰処理装置の上部において灰のかくはんを生じたり、火格子の一部で停滞したりすることがないように配慮も重要で、そのために火格子の構造や下部空気室仕切りなどに各種の考案がなされる。

4.2.5 の補助燃料油装置は、停泊中や港内運航時又は始動用や低負荷用、助燃用などとして設置されることが多いと思われる。

燃料油が単独で燃焼される場合には、通常の油焚きボイラの規定が適用されるが、混焼又は石炭が残留した状態での燃焼など使用条件に応じて、次の安全対策が重要となる。

① 燃焼室内における 2 次燃焼や間欠燃焼の防止。

この場合には F.D.F. や I.D.F. のダンパ開度のインタロック、煙路ダンパの全開位置での固定等に留意する。

② バーナへの点火の際に石炭の発生ガスによる炉内及び煙路内での爆発を避けるための制御シーケンスの設定。

③ 煙路や風路におけるスートファイアやフライアッ

シュの引火防止対策。特に低負荷で長時間、石炭焚きをした後などには注意を要する。

④ 火災の監視をフレイムアイによる場合には、検出部の汚染防止と局所的な燃焼の防止のためのフレイムアイの適正な配置。

⑤ スプレッダや火格子等の焼損の防止。

4.3 灰処理設備

移動式ストーカでは、ボトムアッシュの大半は、火格子進路方向端部のアッシュホッパに直接運ばれ、他は火格子の隙間から落とされる。一方、フライアッシュは、バンクチューブ出口側ケーシング、エコノマイザ下部、除じん又は集じん器のアッシュホッパから処理される。ボトムアッシュに対するフライアッシュの比率は、微粉炭方式が 50% 以上に達するのに比べて、ストーカ式では数パーセント程度と考えられている。ただし、灰に含まれる化学物質の挙動には、炭種によってかなりの差異があるので事前に生成する灰性状を十分調査し、適切な処理方法を選定すべきである。灰処理システムは、石炭中の灰成分と燃焼量及び出灰方式によって、その能力が定められるが、貯灰サイロは、港内における廃棄が許容されない場合、ストーカの異常や緊急時の消火による多量の灰の発生などを考慮して、十分余裕のある容量とするのが望ましい。また、大きな灰塊や灰網を生ずる恐れがある炭種では、クリンクラッシャ、破網装置などを設けて灰の排出の妨げにならないようにする。灰処理方式には、湿灰（冷灰）及び乾灰（熱灰）輸送式があり、前者は水を満たした集灰器中で灰を冷却した後、排水ポンプ又はパドル車及びメカニカルコンベアで移送、後者は集灰器内の灰を蒸気又は空気によって圧送又は真空移送するもので、いずれも集灰器ホッパのゲート弁による間欠又は連続方式によって制御される。灰処理設備は、未燃石炭を混じ、高熱で、かつ、有毒ガスや腐食成分を含有しているので、火災や爆発防止、ガスの外部漏えいによる中毒防止などの安全対策を講じておく必要がある。なお、装置の 2 重配置等については、2.1.5 を参照されたい。

5. 制御設備等

5.1 制御設備

石炭焚きボイラにあっても油焚きと同様、蒸気タービンガバナ、蒸気圧力、温度及び流量、並びに復水、給水、燃焼及び空気系のすべてを協調させる制御が必要で、これらに大きな偏差を生ずることは許されない。ストーカ焚きの難点は、燃焼管理における迅速な応答が期待できないことである。したがって、負荷変動時における給炭

機への指令や異常時警報は、早めに信号を発して対処時間に余裕を持たせることが重要である。

また、給炭、燃焼、灰処理等の設備でボイラの運転に直接関係を有する制御及び監視装置は、ボイラの制御場所（通常は集中制御室）に一括設置し、運転中に必要な情報を直接入手し、迅速な制御ができるものとする。なお、石炭設備が空気圧や油圧又は電気によって遠隔制御される場合には、一つの制御装置の故障に対するバックアップのための別の装置を設ける必要があるが、この場合の別の制御装置は機側のものでもよく、また、管や容器などで損傷や故障発生確率の小さい部材や簡単に修理ができる部品等の 2 重化は省略して差し支えない。なお、別の燃料による補助燃焼装置が設けられるボイラに対して、煙路のダンパ開度を制御場所に表示する必要があるとの提案もあった。しかし、F.D.F. 及び I.D.F. ダンパとの関連、燃料切換え作業、制御方法等を考慮した場合に、当該指示器のみでは不十分であり、検査要領には加えなかったが、油燃焼開始に当たっては、同ダンパの開度に注意することは重要である。

次に、警報システムは、主要設備の故障、又は異常の検出、ボイラ負荷に対する移送及び給炭量制御及び燃焼制御の異常検出が主なもので、同時にシステムの安全確保につながる。移動火床の高温警報は、火格子の冷却不足（under fire air 不足）及び異常燃焼の検出を目的として火格子、炉床等の適当な個所にセンサを設ける。また、ボイラ水の低水位における Low 及び Low-Low level は、前者で早目に異常を検出し、後者で安全装置の作動を警報させることをねらいとした。

5.2 電気設備

5.2.1 には、石炭を取り扱う場所で使用される電気設備の一般要件を示した。

-1. に指定されている全閉防塵構造は、検査要領 H 編 H 1.3.4-2. に示されている IP 表示で言えば、IP 5X 又は IP 6X になるが、普通、個々の製品には防水等級も併せて表示されるので、IP 55、IP 65、IP 66 等の格付けを有するものから選定することになる。また、JIS F 8442 に適合する石炭運搬船用の特殊カーゴランプも、日本船舶標準協会の「照明器具外被の保護性能試験報告書（昭和 56 年 1 月）」によれば、IP 65 の試験に合格したことが報告されており、この結果からすれば、気密性について同じ規定のもとに製作されている自動車運搬船用の全閉気密形器具も IP 65 に適合するものと推定される。したがって、これらの燈具も保護外被の要件に関する限り、-1. を満足するものとみなされるが、前者の特殊カーゴランプは移動形のものであって、石炭倉内に

固定設置は認められていないので注意する必要がある。

ここで特に重要なことは、外被表面の温度上昇に対する考慮であって、特に炭塵のような可燃性ダストが多量に堆積する恐れのある場所に設置する電気機器については、放熱が妨げられることによって生ずる温度上昇の増加により、可燃性ダストが発火することがないように、電気機器固有の温度上昇に注意を払うとともに、掃除のしやすい構造のものを選び、近づきやすい場所に取り付けるなどの考慮が必要である。

-2. は、特に硫黄分の多い石炭が使用される場合を考慮して掲げたものであるが、一般的には、船用電気機器に通常施されている防食対策で十分と考えられる。しかし、ダストやアッシュ類は水分となじみやすく、それらが付着したまま放置されれば腐食が促進されやすいので、この面からも掃除のしやすさは、電気機器の選定や配置において一つの重要なポイントと言えよう。

5.2.2 は、炭塵や石炭から発生する引火性ガス（メタンが主対象となる）によって危険雰囲気となる恐れのある場所に設置する電気設備に対する制限を示したものである。

-1. において、石炭庫、石炭庫直上で石炭庫に対し直接開口を有する区画、石炭庫の通気ダクトの内部及びこれらの区画の通気口等の大気開口部から 3 m 以内の区域には、必ず防爆構造のものとするよう指定し、給炭ホッパや石炭の移送設備等を収容する管、トンネル、ケーシング等の内部については、非防爆形の電気機器であっても一定の条件を満たすものであれば設置できることにした。その理由は、前者の区画や区域では、炭塵と引火性ガスの両者について安全性の確保を図る必要があり、後者の区画においては、引火性ガスが滞留する危険性は比較的に少ないと考えられるからである。

-1. の (1) でいう「本会が適当と認める防爆構造のもの」は、以上の観点から判断して決めることになるが、一般的には、検査要領 **H編 H 20.3.1** を準用し、発火度 G3、爆発等級 2 以上の耐圧防爆構造、本質安全防爆構造及び内圧防爆構造のものであって、炭塵中でも安全に使用できるものとし、安全増防爆構造のものについては、本検査要領 **1.1.4** (4), (5), (6) 及び (7) の危険場所に限ることとしている。なお、安全増防爆構造の規格は、JIS 規格と IEC 規格との間に差違があるが、前記の場所については JIS 規格の適合品も使用して差し支えない。ただし、防爆構造の電気機器については、防爆構造以外の構造や性能要件を船用に適したものとする必要があり、また、鋼船規則 **H編 1.9.1-2.** の形式試験の規定等が適用されるので、当会の形式試験証明書等の証明書

あるいは使用承認書を有しないものを使用しようとする場合は、事前に申し出ていただく必要がある。

なお、-1. の (1) (a) の過負荷になる恐れのある電気機器は、電源用機器、電動機等、負荷側の条件で過負荷となる恐れのある機器をいい、照明器具や通信、信号装置等は (1) (b) の電気機器として扱って差し支えない。

-1. (2) の但し書は、これらの区画における石炭は既に引火性ガスの発生量も少なくなっており、また、発生したとしても、本検査要領 **2.2.2** や **3.4.1** で要求される通気装置により引火性ガスの滞留による危険性は少なく、炭塵に対する安全性が確保できれば十分であるとの判断に基づく緩和措置である。

-1. の (3) は、前述の (2) によりこれらの場所に非防爆形のレセプタクルが設けられる場合が生じてくるので、この場合にはスイッチとインターロックされるレセプタクルでなければならないことを明確にしたものである。

-1. の (4) は、ケーブル用の配管を通じて引火性ガスが安全場所に侵入しないようにするためのものであって、パイプは鋼製のものとする必要がある。

-2. は、危険場所の電気機器の保守点検を安全に行えるようにするとともに、使用しないときは完全に電源から切り離しておけるように断路装置の設置を求めたもので、危険場所や貨物倉の電気機器の給電回路に対する一般的な要件である。

5.3 防火及び消火設備

本節の設備要件は船舶安全法との関連もあり、鋼船規則と同様、日本籍船に対しては直接適用しない取り扱いとなる。したがって、本節の指針は、和文検査要領には記載されず、英文検査要領に挿入されて外国籍船にのみ適用することとなる。

5.3.1 の一般事項では、防火及び消火設備に対する本検査要領の運用上の留意点を示したもので、また、**5.3.2** から **5.3.4** には石炭ガスの検知装置、火災探知装置及び消火設備の設置場所を定めたが、前者はガスが常時存在する石炭庫を除くガス滞留の恐れがある場所等を対象とし、後 2 者は石炭又は灰が取り扱われる区画又は設備で、火災発生の危険が考えられる場所に対して要件を示した。

ただし、炭粒選別機、異物除去装置、微粉炭設備等が設けられる場合には、適宜、消防設備の追加が必要であり、また、密閉移送方式や環境調整装置が採用される場合などには、設備の省略もあり得る。なお、石炭設備内の消火に当たって注意する事項としては、発火部及びその周辺の石炭の温度又は化学的条件を積極的に鎮静しな

い限り、再発火の危険が残されていることである。一般にガス消火のみで完全に消火するためには、かなりの時間を要し、また、発火条件が他の個所にもまん延している恐れもあるので、局所的な消火だけでは不十分となる。

6. 予 備 品

石炭焚き設備においては一般に、石炭又は灰に直接、接触する部品の摩損、汚損及び腐食並びにボイラの燃焼ガスにさらされるストーカ、火格子等の焼損衰耗が問題となり、これらに対して予備品が必要となる。しかしながら、頻繁に取り替えられるであろう部品の明細については、いまだ十分な実績もなく、また、設備型式や構造、使用条件等によって対象部品も著しく相違するため、一

概に定められない。そのため本検査要領では、過去のストーカ焚き設備に経験され、特に衰耗が早いと予想される火格子棧と給炭機部品について要求を示し、高密度移送方式の屈曲管、機械式コンベアの部品、スクリーン、クリンクラッシャ等については、具体的な設計に関連して、その都度、要否の検討を行うこととした。

7. お わ り に

当会船級船として石炭焚き船が建造されるのは、かなり将来と思われ、その際には本検査要領作成時に予想した設備とは相当異なったシステムや設備が出現する可能性がある。したがって、本検査要領も新しい技術に対応して、随時見直し、改訂していく必要がある。