

# 特別回報

外航組合員各位

## 直接還元鉄 DRI(D)輸送に関するガイダンス

国際海上固体ばら積み貨物規則（IMSBC コード）には、さまざまな形態の直接還元鉄（DRI）が記載されています。2025 年 1 月の IMSBC コード改正により、新しく DRI(D)が新設されました。国際 P&I グループは Dr J H Burgoyne & Partners LLP（Burgoynes）と協力し、INTERCARGO からの意見を取り入れて同貨物の取り扱い・輸送に関する回報を発行しました。

DRI の主な形態はタイプ A（熱間成形ブリケット）とタイプ B（ペレット）です。これらの製造・取扱工程で生成される微粉は従来 DRI(C)として取り扱われていましたが、IMSBC コードでは同貨物の水分値を 0.3%以下と定義しています。屋外保管や雨の中での取り扱いなど、微粉の取り扱い慣行上、水分含有量が 0.3%を超えることもあり、そのような貨物輸送のため 4 番目の DRI スケジュールとして、DRI(D)（含水率 2%以上の微粒副生物）が導入されました。

IMSBC コードにおいて DRI(D)は液状化の恐れのある種別 A と、ばら積み時のみ化学的危険性を有する種別 B の両方に分類されています。特に DRI(D)輸送に関する主な危険性は、船倉の上部空間内での可燃性ガスである水素の生成であり、コードの焦点は表面換気による水素ガス濃度の測定と制御にあります。

詳細については添付回報をご参照願います。なお、同回報はガイダンスのみを目的としており、IMSBC コードの関連項目が、依拠すべき輸送要件の主要な情報源であることにご留意願います。国土交通省のウェブサイトで開催されている DRI(D)に関する IMSBC コード該当部分をご参考に供します。

国際 P&I グループの全てのクラブが同様の内容の回章を発行しています。

以上

添付資料：直接還元鉄 DRI(D)輸送に関する国際 P&I グループ回報（当組合試訳）  
直接還元鉄 DRI(D)輸送に関する国際 P&I グループ回報  
直接還元鉄 DRI(D)に関する IMSBC コード（国土交通省作成）

## はじめに

国際海上固体ばら積み貨物規則（IMSBC コード、以下「コード」）には、さまざまな形態の直接還元鉄（DRI）が記載されています。2025 年 1 月から強制的にコードの一部となる最新の追加項目は、水分含有量が少なくとも 2%のタイプ D、微粒副生物に関するものです。この項目は複数ページにわたり、大量の重要な情報とガイダンスが含まれています。本回報では、タイプ D 項目の主要なポイントを要約し、必要に応じて追加のガイダンスと観察上の注意が加えられています。

本回報は、国際 P&I グループ（IG）が Dr J H Burgoyne & Partners LLP（Burgoynes）と協力し、INTERCARGO からの意見を取り入れて作成されました。Burgoynes による解説は、本回報の本文中に青字で記載されています。

本回報はガイダンスのみを目的としており、本回報に添付されている IMSBC コードの関連項目が、依拠すべき輸送要件の主要な情報源であることにご留意願います。

## 背景

直接還元鉄（DRI）は、通常、塊またはペレット状の鉄鉱石に水素、メタン、一酸化炭素などの熱還元ガスを通過させることによって生成されます。これにより、再酸化のために非常に大きな内部表面積を持つ多孔質の鉄材料が生成されます。DRI に関連する主な危険性は、酸化による自己発熱能力と、水/水分との反応による水素生成能力です。船倉内に積み込まれた場合、水との反応によって生成された水素は、船倉内に爆発性雰囲気を作り出し、爆発の危険性をもたらします。

DRI の主な形態はタイプ A（熱間成形ブリケット）とタイプ B（ペレット）ですが、製造および取り扱い中（摩耗による）、およびオフ・ガスから粒子をろ過することによっても微粉が生成されます。微粉は一般的にタイプ A および B との混合には適さないため、ふるいにかけて、個別に取り扱われます。

以前は、微粉は DRI タイプ C として輸送されていましたが、このタイプの IMSBC コードでは、貨物の水分値を 0.3%以下と定義しています。屋外保管や雨の中での取り扱いなど、微粉の取り扱い慣行上、このような低い水分レベルは実現可能でないことがよくあります。

さらに、コードは DRI（C）貨物を DRI（B）と同様に不活性ガス下で輸送することを求めています。不活性ガスは空気（酸素）を排除し、酸素との反応による自己発熱を制限することを目的としています。ただし、後述するように、自己発熱は通常、微粉の主な問題ではありません。代わりに、一般的なリスクは水との反応による可燃性水素ガスの発生であり、爆発下限界プラス安全マージン以下の低水素濃度を維持するために船倉を換気する必要があるというシナリオにつながります。

水分含有量が 0.3%以下の DRI（C）微粉の生産が困難であるため、IG クラブの経験では、荷送人は IMSBC コードのセクション 1.5 に従った免除の下で、そのような貨物を輸送しようとするのがよくありました。これらの免除は、不活性ガス下での輸送を避け、代替手段として機械換気を使用しようとするのが多かったのですが、三者間合意が必要なため、困難でがありました。したがって、業界が協力して、より永続的で安全な長期的な解決策を模索する必要がありました。

そのために、コードの改正 07-23 では、4 番目の DRI スケジュール、直接還元鉄（D）（含水率 2%以上の微粒副生物）が導入されました。

DRI (D) は、DRI (C) と同様に、DRI (A) および DRI (B) の製造および取り扱いプロセスの副生物として説明されていますが、水分含有量が高くなっています (DRI (C) の $\leq 0.3\%$ と比較して $\geq 2\%$ )。

新しい DRI (D) スケジュールでは、運送許容水分値 (TML) を超える水分含有量で輸送された場合の液状化のリスクについても言及されています。したがって、DRI (D) はグループ A 貨物とグループ B 貨物の両方に分類されます。

DRI (D) に関連する主な危険性は、比較的高い水分含有量と水との反応による水素生成です。対照的に、微粉が密に充填されているため、多くの場合、ばら積状態の貨物への酸素/空気の侵入が減少し、その結果、大気酸化反応による自己発熱の傾向が低下し、多くの場合、問題のないレベルになります。そのため、DRI (B) および DRI (C) にはそのような要件があるのに対し、DRI (D) スケジュールでは、爆発性雰囲気形成を防ぐための船倉の不活性ガスによるページや、酸素侵入を排除するための船倉の密閉の維持に関する要件はありません。代わりに、水素濃度を船倉内で指定された制限未満に維持するために、制御された機械表面換気と定期的なガス濃度測定を導入する必要があります。

IG は、死者を含む多数の事故が発生したため、以前に DRI 貨物に関する回報を発行しています。これらの勧告は 20 年近く前に発行されたものですが、それら事故の深刻さと水素を放出する可能性のある貨物を考慮して、IG は IMO に対し、DRI (D) の最新版を含む DRI スケジュール改定案の起草について、独立した専門家の意見を支援してきました。

## **DRI (D) の危険性**

DRI (D) の項目では、ばら積みで取り扱う際の潜在的な温度上昇と、空気や水との反応による水素ガスと熱の生成による過熱、火災、爆発のリスクについて言及しています。

DRI (D) は酸素と反応して熱を生成しますが、高密度な状態と粒子間の非常に小さなスペースは、他のタイプの DRI、特に大型のブリケット/ペレット状のものほど、酸素/新鮮な空気が積荷内に拡散しません。この低い透過性は、自己発熱が二次的な危険性であると考えられていることを意味します。観察された主な危険性は、DRI と水/水分との反応による水素生成です。新しい DRI (D) スケジュールの焦点は、アレージスペースの水素ガス濃度の測定と制御にあります。

自己発熱は二次的な危険性であると考えられていますが、空気との反応は貨物スペースおよび可燃性ガス (つまり、水素) が蓄積する可能性のある隣接するスペースの酸素欠乏を引き起こす可能性があります。したがって、コードは、そのようなスペースが換気され、ガスフリーであることが確認されない限り、誰も積載された貨物スペース (または密閉された隣接スペース) に入ってはならないと規定しています。

コードはここで、船舶の密閉されたスペースへの立ち入りに関する改訂された勧告 (決議 A.1050(27)) を参照しています。

DRI (D) 貨物は、運送許容水分値を超える水分含有量で輸送された場合、液状化する可能性があり、その反応性の危険によるグループ B 指定に加えて、コードではグループ A 貨物としても分類されます。

DRI (D) の取り扱い中に発生する粉塵は、健康に有害な場合があります (呼吸器系への刺激や眼の損傷)。

## 貨物の準備と積み込み

### 船倉

他の DRI 貨物と同様に、DRI (D) の輸送のために準備される貨物スペースは、清潔で乾燥しており、塩や以前の貨物の残留物がない状態である必要があります。木製のバテン、緩いダンネージ、破片、その他の可燃性物質はすべて取り除く必要があります。

塩に関する具体的な言及は、DRI と水の反応が、塩が存在する場合、存在しない場合よりも激しいためです (言い換えれば、DRI は真水よりも海水とより反応しやすいということです)。

### 貨物の熟成

積み込みのために準備される貨物については、屋外保管が許可されています。ただし、保管中は、大気にさらされるように配置され、自然熟成が促進される必要があります。

この「熟成」とは、粒子の外部および内部表面の最も活性な部位が大気中の酸素と反応し、輸送中のさらなる反応に対して「不動態化」されるプロセスです。

貨物は、積み込み前に少なくとも 30 日間この方法で熟成される必要があります。荷送人は、貨物が適切に準備および熟成された (つまり、少なくとも 30 日間自然熟成された) ことを示す、積込港の管轄当局によって認められた者によって発行された証明書を船長に提供する必要があります。

荷送人はまた、貨物が IMDG クラス 4.2 の基準を満たしていない (つまり、自己発熱する可能性がない) ことを示す、積込港の管轄当局によって認められた者によって発行された証明書を船長に提供する必要があります。

これは事実上、貨物を自己発熱をする可能性のある DRI (B) のように扱わないと宣言することです。

### 水分

屋外保管は許可されていますが、液状化のリスクがあるため、積荷作業中は水分含有量を TML 未満に保つ必要があります。これは、雨の中で貨物を扱ってはならず、作業中でないハッチは閉じたままにする必要があることを意味します。特定の船倉内の貨物全体がその港で荷揚げされる限り、雨中荷役は許可されます。

DRI 微粉の TML は通常 9~12% です (IIMA ウェブサイト [www.metallics.org](http://www.metallics.org) にある IIMA 出版物「直接還元鉄副産物微粉 (DRI D) : 取り扱い、保管、および輸送のガイド」を参照してください)。

いったん屋外に荷揚げされると、水素生成と液状化の潜在的な危険性はもはや適用されません。

## 温度

高温の DRI は積み込まないでください。閾値温度は 65°C であり、積込前の 3 日間連続して貯蔵場で測定が行われます。測定は、貯蔵場全体で 3m 間隔で表面下 20~30cm で行われます。積込中にも温度を測定し、各ロットの温度を詳細に記録したログを作成し、そのコピーを船長に提供する必要があります。積込後、熱電対を貨物内に配置し、船倉に入らずに貨物温度を遠隔監視します。

この方法での温度測定は、貨物の高い熱絶縁のために制限される場合があります。これは、船倉全体の孤立した地点での測定が、積荷のバルク状態を示さない可能性があることを意味します。また、熱電対の位置から離れた積荷の局所的な加熱「ホットスポット」が見逃される可能性があります。とはいえ、船倉あたり 1 つまたは 2 つの場所にしかなく、したがって全体を示すものではないビルジサウンディングパイプまたは「温度」サウンディングパイプからの単一の測定よりも、積荷内に配置された熱電対のネットワークの方が望ましいです。

## ハッチカバーの閉鎖

天候が許せば、積込完了後、貨物の冷却、貨物温度の安定化、および船倉の自然換気を可能にするために、ハッチカバーを開いたままにする必要があります。

これは、作業中でないハッチを閉じたままにするという現在の助言に反するように思われます（上記参照）。意図は、作業中でないハッチの閉鎖は、雨（該当する場合）による貨物の濡れを防ぐためであると思われませんが、積込が完了し、そうする機会がある場合（つまり、乾燥した天候の期間）、熱放散と自然換気を助けるためにハッチカバーを開いたままにする必要があります。

積み込みが完了し、ハッチカバーが閉じられたら、コードは、貨物温度が安定し、65°C を超えず、上部空間の水素濃度が安定し、少なくとも 12 時間連続して体積で 1% を超えないことを確認するために、船が出航する前に少なくとも 24 時間待機することを求めています。

水素は可燃性ガスです。空気と可燃性混合物を形成するために必要な水素の最小濃度は体積で 4% です。これは「爆発下限界」または LEL です。したがって、ここで言及されている体積で 1% は、LEL の 4 分の 1（LEL の 25%）を表します。体積で 1% を超えないことは、この「アクションレベル」と、爆発が発生する可能性のある空気中の最低水素濃度である体積で 4% との間に安全マージンを与えます。

## 証明

出航前に、積込港の管轄当局によって認められた者によって、直径 12mm を超える材料の割合が重量で 3% 以下であり、水分含有量が少なくとも 2% であり、TML 未満であり、積み込まれた貨物の温度が 65°C を超えないことを示す追加の証明書が発行されます。

したがって、コードのこのセクションでは、荷送人が貨物について次の 3 つの証明書を提供することを求めています。

- (i) IMDG クラス 4.2 の基準を満たしていないこと。
- (ii) 適切に熟成されていること。
- (iii) 大きな粒子の割合、水分含有量、温度が規定値以下であること。

さらに、船長には積込中の貨物の温度ログが荷送人から提供されます。

## 輸送と貨物管理

### 一般的な注意事項

上記のように、DRI (D) の輸送に関連する主な危険性は、船倉の上部空間内での可燃性ガスである水素の生成です。他の DRI 貨物タイプとは異なり、タイプ D の項目では、航海前に実施される リスク評価 について言及しており、このリスク評価は荷送人から提供される「水素発生リスク及びその発生率に影響を及ぼす可能性のある要因に関する包括的な情報」に基づいています。

このリスク評価には、航海中に予想される気象条件、船舶の速度と荷揚港までの距離、途中の避難港の利用可能性、および入手可能な水素放出に関する情報などの他の要因が含まれる場合があります。船長は、荷送人の助けを借りて、積込開始前に乗組員が関連するリスクについて適切に説明を受けるようにする必要があります。

船舶には、水素と酸素の濃度を測定する手段が装備されている必要があります。これは、各船倉のガスサンプリングポイントに挿入できるポンプとホースの長さを備えた適切に構成されたガス検出器を使用して実現されます。

実際には、コードの推奨に従って、船倉ガスの測定と貨物温度の測定は、荷送人が任命した経験豊富な貨物技術者が行うのが一般的です。コードは、技術者が積み込み中および航海中に立ち会うことを推奨しています。

コードは、このような測定装置が酸素欠乏雰囲気での使用に適していることを求めています。これは、水素に敏感な一部の可燃性ガス分析装置（「接触燃焼式センサー」）が、正しく動作するために最小限の酸素レベルを必要とするためです。DRI 貨物でよく見られる酸素欠乏雰囲気では、接触燃焼式センサーは信頼性の高い結果を提供しない場合があります。同様に、低酸素環境で動作できる他のタイプの可燃性ガスセンサーの一部は、水素を検出しません。したがって、適切なセンサー機器の選択は、すべての DRI 貨物にとって非常に重要です。

### 換気

コードは、水素濃度を体積で 1% (LEL の 25%) 未満に維持するために、各船倉に機械的な表面換気を提供する必要がありますを規定しています。

可燃性雰囲気の存在のリスクを考慮すると、防爆環境での使用に適したファンのみを機械換気に使用する必要があります。また、適用される換気が表面換気であり、新鮮な空気が積み荷自体に導入されないこと（たとえば、船倉の下部のファンダクトを介して）も重要です。これは、バルク内の酸化反応を促進し、生成される熱の増加と反応速度の増加につながる可能性があるためです。

換気は、貨物に新鮮な空気/酸素が導入されるリスクを最小限に抑えるために、水素ガスの蓄積を体積で 1% 未満に除去するために必要な時間に制限する必要があります。換気を適用する時間と頻度は、ある程度は過去の経験から導き出されます。この点で、コードは 時間ベースのガス予測曲線 の概念を導入しています。その結果は、航海リスク評価を更新するために使用する必要があります。

時間ベースのガス予測曲線は、水素発生速度を理解するためのツールです。これは、時間の経過に伴う水素発生をグラフで表したものであり、換気によって濃度が体積で<0.2%（つまり、LELの5%未満）に低下した後、各船倉の上部空間の水素濃度を測定し、このデータを時間に対してプロットすることによって作成されます。機械換気を停止し、自然換気口を閉じた状態で、次の24時間、または水素濃度が体積で1%を超えるまでのいずれか早い方まで、2時間ごとに測定が行われます。次に、データを使用して、換気がない状態で水素濃度が体積で1%に達するまでの時間を推定し、この時間を使用して換気スケジュールを最適化できます。また、悪天候時に換気を適用できない場合に、水素ガスが船倉内にどれだけ早く蓄積する可能性があるかを理解するのにも役立ちます。これらの情報はすべて、リスク評価プロセスにフィードされます。

ガス濃度データを分析し、適切な換気体制を導き出すには、専門家の支援が必要になる場合があります。

機械換気は、外部から空気を吹き込むのではなく、排気によって行われる必要があります。排出されたガスを安全な場所（たとえば、居住区から離れた場所）に除去する排気ダクトを使用します。2セットの予備の換気装置を船内に用意する必要があります。乗組員またはその他の許可された者は、その設置、操作、および保守に精通している必要があります。コードは、貨物1トンにつき1時間あたり1.2 m<sup>3</sup>の最小空気流量を規定しています。

#### 緊急手順

水素濃度が体積で1%に近づいているか、または超えている場合は、濃度が体積で0.2%以下になるまで、該当する船倉を換気（機械的および/または自然な表面換気による）する必要があります。水素濃度が体積で1%を超える場合は、状況が許す限り、より頻繁に（できれば1時間毎に）測定する必要があります。水素濃度の上昇が続く場合は、専門家の支援が必要になる場合があります。

特にガス検出器の遠隔検知ホースが吸気または排出ガスの流れの中で船倉に挿入されている場合に換気中のガス濃度を測定しても信頼性の低い結果につながる可能性があることが示されています。従って換気中にガスを測定する場合は注意が必要であり、目安にしかならない可能性があります。正確なガス測定は、たとえ数十分程度の短時間であっても、換気が停止した後にのみ可能になる場合があります。

機械換気が故障した場合、機械ファンが復旧出来るまで、継続的な自然換気を適用できます。もちろん、気象条件を考慮する必要があります。水素濃度と貨物温度の監視頻度を増やす必要があります。

貨物温度が65°Cを超えて上昇した場合、コードは、熱と水素を放散するために機械的及び自然換気を増やし、ガスと温度の測定頻度を増やすことを求めています。貨物にCO<sub>2</sub>、水、または蒸気を使用することは禁じられていますが、可能であれば隔壁冷却（例えば隣接する空の船倉から水を噴霧する）が推奨されています。

コードは、貨物が高温を示す可能性のある状況を規定していません。空気や酸素との反応による加熱を示す貨物を換気することは明らかに問題がある可能性があります。状況によっては、専門家の助言を求めることが適切である場合があります。専門家の関与は、積込以降の温度とガス濃度のログを含む、貨物の完全な履歴の検討を必ず含める必要があります。

## 荷揚げ

ハッチカバーは、船倉の上部空間の水素濃度が体積で 1%未満であることが確認された場合にのみ開ける必要があります。したがって、荷揚げを開始する前に、この閾値を達成するために追加の換気が必要になる場合があります。

体積で 1%の水素濃度は、爆発下限界を大幅に下回っており、安全上のマージンが確保されています。さらにハッチカバーがわずかにでも開かれると、船倉内の水素含有量がますます希釈され、安全マージンがさらに増えます。

上記のように、コードは雨中の DRI (D) 貨物の荷揚げを許可していますが、船倉内の貨物全体が同じ港で荷揚げされ、別の船舶に移し替えられたり、(濡れた) 貨物の一部が船に残されたりしない場合に限りです。荷揚げ港で雨天時に船倉を閉じる必要がある場合は、これらの船倉について水素濃度監視プロセスを再開する必要があります。

## まとめ

DRI タイプ D の IMSBC コードは、既存のタイプ C 項目とは大きく異なります。どちらも微粒副生物に関するものですが、タイプ D 項目は、空気中の酸素との反応による自己発熱ではなく、水との反応による水素発生という微粉の主な危険性を認識しています。従ってコードの焦点は、表面換気による水素ガス濃度の測定と制御にあります。これは、水分と空気の両方の排除が安全の基礎となる他の DRI のコード項目とは異なります。

従って船長と乗組員は、距離、速度、潜在的な避難港の位置、気象条件を考慮して、特定の航海の水素発生リスクの評価に効果的に貢献できるように、適切な訓練を受ける必要があります。さらに、各船倉内の水素濃度が安全限界（体積比 1%、つまり LEL の 25%）に達するまでの時間を推定するため、時間ベースのガス予測曲線がプロットし、このデータは換気戦略最適化のために使用されます。通常、荷送人はこのプロセスを支援するために専門の貨物技術者を提供することが期待されます。

貨物技術者の役割は、スケジュールの付録でより詳細に定義されており、次の責任が含まれます。

- ・ 積込作業中の監視と適切な助言の提供。
- ・ 温度測定のための熱電対の設置に関する助言と監督。
- ・ 貨物パラメータ（温度とガス濃度）の監視と報告。
- ・ 時間ベースのガス予測曲線の作成における船長と乗組員の支援と助言。
- ・ 航海中の換気システムの操作に関する船長と乗組員との助言と調整。

追加情報は、IIMA ウェブサイト [www.metallics.org](http://www.metallics.org) にある IIMA 出版物「直接還元鉄微粒副生物 (DRI D) : 取り扱い、保管、および輸送のガイド」に記載されています。

## **Introduction**

Direct reduced iron (DRI) in various forms is described in the International Maritime Sold Bulk Cargo (IMSBC) Code, (hereinafter, **the Code**). The latest addition, which becomes a mandatory part of the Code from January 2025, is the entry for the Type D, by-product fines with a moisture content of at least 2%. This entry runs over multiple pages and contains large amount of important information and guidance. In this Circular, the main points of the Type D entry are summarised, and, where appropriate, additional guidance and observational notes have been added.

This Circular has been prepared for the International Group of P&I Clubs (IG) in conjunction with Dr J H Burgoyne & Partners LLP (Burgoyne's) with input from INTERCARGO. Explanatory notes provided by Burgoyne's are included in blue text within the body of this Circular.

It should be noted that this Circular is for guidance only and the relevant entries from the IMSBC Code, which are appended to this Circular, remain the primary source of carriage requirements which should be relied upon.

## **Background**

Direct reduced iron (DRI) is formed by passing hot reducing gases, such as hydrogen, methane and carbon monoxide, over iron ore, which is usually in the form of lumps or pellets. This produces a highly porous iron material which has a very large internal surface area available for re-oxidation. The principal hazards associated with DRI are its ability to undergo self-heating through oxidation and its ability to generate hydrogen from reaction with water/moisture. When stowed within the confines of a cargo hold, hydrogen produced by reaction with water can form an explosive atmosphere inside the hold, presenting a risk of explosion.

The principal forms of DRI are Type A (hot-moulded briquettes) and Type B (pellets), but fines are also generated during manufacture and handling (via abrasion) and from

filtering particles out of off-gases. Fines are not generally suitable for inclusion with Types A and B, so these are screened out and handled separately.

Formerly, fines would be shipped under DRI Type C, but the IMSBC Code entry for this type defines the moisture level of the cargo as not exceeding 0.3%. That low moisture level is often not feasible due to handling practices for fines, such as outdoor storage and handling being subject to rain.

In addition, the Code calls for DRI (C) cargoes to be shipped under inert gas, as for DRI (B). Inert gas is intended to exclude air (oxygen), thus limiting self-heating due to reaction with oxygen. However, as set out below, self-heating is typically not the main issue with fines. Instead, the prevalent risk is the generation of flammable hydrogen gas due to reaction with water, leading to a scenario where the holds need to be ventilated in order to maintain low hydrogen concentrations, below the lower explosive limit plus a margin of safety.

With the production of DRI(C) fines having a moisture content not exceeding 0.3% being difficult to achieve, in the IG Clubs' experience shippers often sought to ship such cargoes under exemptions in accordance with section 1.5 of the IMSBC Code. Those exemptions often sought to avoid shipment under inert gas, instead using mechanical ventilation as an alternative arrangement, but this proved difficult due to the need for tripartite agreement. Therefore there was a need for the industry to work collectively to seek a more permanent, but safe, long-term solution.

Accordingly, Amendment 07-23 to the Code introduces a fourth DRI schedule: DIRECT REDUCED IRON (D) (By-product fines with a moisture content of at least 2%).

Like DRI (C), DRI (D) is described as a by-product of the manufacturing and handling process of DRI (A) and DRI (B), but has a higher moisture content ( $\geq 2\%$  as compared to  $\leq 0.3\%$  for DRI (C)).

There is also reference in the new DRI (D) schedule to the risk of liquefaction if shipped with a moisture content exceeding its transportable moisture limit (TML). DRI (D) is therefore classified as both a Group A and Group B cargo.

The principal hazard associated with DRI (D) fines is the generation of hydrogen, due to the relatively high moisture content and reaction with water. By contrast, the dense packing of the fines often reduces oxygen/air ingress into the bulk, with the result that the propensity for self-heating through atmospheric oxidation reactions is reduced, often to non-problematic levels. As such, there is no requirement in the DRI (D) schedule for purging the cargo hold with inert gas to prevent an explosive atmosphere from forming, nor in keeping the cargo hold tightly sealed to exclude oxygen ingress, whereas there are such requirements for DRI (B) and DRI (C). Instead, a regime of controlled mechanical surface ventilation and regular gas concentration measurements should be introduced in order to keep the hydrogen concentration within the holds below a designated limit.

The IG has previously issued Circulars on DRI cargoes due to a number of incidents some of which have resulted in fatalities. Whilst these advisories were issued nearly two decades ago, given the seriousness of those casualties and a cargo that potentially emits hydrogen, the IG has supported independent expert input to the International Maritime Organisation on the drafting of revised DRI schedules, including this latest one for DRI (D).

### **Hazards of DRI (D)**

The entry for DRI (D) leads with a reference to a potential temperature increase when the material is handled in bulk; and the risk of overheating, fire and explosion due to the reactivity of the cargo with air and water to produce hydrogen gas and heat.

Whilst DRI (D) will react with oxygen and generate heat, its dense packing and the very small spaces between particles are often such that oxygen/fresh air is not able to diffuse into and through the stow to the same extent as with other types of DRI types, particularly the larger briquette/pellet forms. This low permeability means that self-heating is considered a secondary hazard. The primary hazard observed is hydrogen generation, due to the reaction between the DRI and water / moisture. The focus of the new DRI (D) schedule is on the measurement and control of the hydrogen gas concentrations in the ullage spaces.

Although self-heating is considered a secondary hazard, the reaction with air can lead to oxygen depletion in the cargo spaces, and possibly also adjacent spaces, where

flammable gases (i.e. hydrogen) might also accumulate. The Code therefore stipulates that no person shall enter a loaded cargo space (or enclosed adjacent space) unless such space has been ventilated and found to be gas-free.

The Code refers here to the *Revised recommendations for entering enclosed spaces about ships (Resolution A.1050(27))*.

DRI (D) cargoes are liable to liquefaction if shipped at a moisture content in excess of its Transportable Moisture Limit, and is therefore classified as a Group A cargo in the Code in addition to the Group B designation due to its reactivity hazard.

The dust produced during handling of DRI (D) can be hazardous to health (irritation to the respiratory system and/or damage to the eyes).

### **Preparation of cargo and loading**

#### *Holds*

As for other DRI cargoes, cargo spaces being prepared for carriage of DRI (D) should be clean, dry and free of salt and residues of previous cargoes. Wooden battens, loose dunnage, debris and other combustible materials shall be removed.

The specific reference to salt is because the reaction between DRI and water is more vigorous in the presence of salt than without (in other words, DRI is much more reactive with sea water than with fresh water).

#### *Cargo ageing*

For material being prepared for loading, outdoor stockpiles are permitted, provided that the stockpiles are arranged to promote exposure to the atmosphere and thus facilitate natural ageing.

This “ageing” is the process by which the most active sites on the external and internal surface of the particles react with atmospheric oxygen and thus become "passivated" against further reaction during carriage.

The cargo should be aged in this way for at least 30 days prior to loading, and the shipper is expected to provide the Master with a certificate issued by a competent person (who is recognised by the competent authority of the port of loading) stating that the cargo has been prepared and aged appropriately (i.e. naturally aged for at least 30 days).

The shipper shall also provide the Master with a certificate issued by a competent person (again recognised by the competent authority of the port of loading) stating that the cargo does not meet the criteria for class 4.2 materials (i.e. it is not liable to self-heat).

This is effectively declaring that the cargo does not behave like, say, DRI (B), which can self-heat problematically.

### *Moisture*

Whilst outdoor storage is permitted, the risk of liquefaction means that the moisture content should be kept below its TML during loading operations. This means that the cargo should not be handled in the rain and that non-working hatches are kept closed. Discharge in the rain is permitted as long as the total cargo package in a given hold is to be discharged at that port.

The TML for DRI fines is typically between 9-12% [see the IIMA publication, 'Direct Reduced Iron By-Product Fines (DRI D): A Guide to Handling, Storage & Shipping' found on the IIMA website- [www.metallics.org](http://www.metallics.org)].

Once discharged ashore into the open air, the potentially hazardous consequences of hydrogen production and liquefaction no longer apply.

### *Temperature*

DRI at elevated temperatures should not be loaded, the threshold temperature being 65 °C with measurements being taken at the stock pile over three consecutive days prior to loading. Measurements are to be taken 20-30 cm beneath the surface at 3m intervals throughout the stockpile. Temperatures shall also be measured during loading, with a log detailing the temperature of each lot being recorded, and with a

copy being provided to the Master. Once loaded, thermocouples are placed into the stow for the cargo temperature to be monitored remotely, without entering the holds.

The measurement of temperatures in this way might be limited due to the high degree of thermal insulation offered by the cargo, which can mean that measurements in isolated points throughout the hold might not be representative of the bulk conditions of the stow. Also, localised heating 'hot spots' in areas of the stow away from the thermocouple positions might be missed. That said, a network of thermocouples placed within the stow is preferable to single measurements from bilge sounding pipes or "temperature" sounding pipes, which are usually at only one or two places per hold and are therefore not representative.

#### *Hatch cover closing*

Weather permitting, hatch covers shall be left open after completion of loading to allow cooling of the cargo, stabilisation of cargo temperature and natural ventilation of the hold.

This seems to be contrary to the current advice to keep non-working hatches closed, see above. The intention appears to be that the closure of non-working hatches is to protect the cargo against being wetted by rain (if applicable), but once loading is complete, and if there is an opportunity to do so (i.e. a period of dry weather), then the hatch covers should be kept open to assist with heat dissipation and natural ventilation.

Once loading has been completed and the hatch covers are closed, the Code calls for the ship to wait for at least 24 hours before sailing to ensure that the cargo temperatures are stable and do not exceed 65 °C, and that the concentration of hydrogen in the ullages has stabilised and does not exceed 1% by volume for at least 12 consecutive hours.

Hydrogen is a flammable gas; the minimum concentration of hydrogen that is needed to form a flammable mixture with air is 4% by volume. This is the "lower explosivity limit" or LEL. Therefore, the 1% by volume mentioned here represents a quarter of the LEL (25% LEL). Not exceeding 1% by volume gives a safety margin between this 'action level' and 4% by volume, which is the lowest hydrogen concentration in air at which an explosion could occur.

## *Certification*

Prior to sailing, a further certificate shall be issued by a competent person (once again recognised by the competent authority of the port of loading), stating that the proportion of material larger than 12mm in diameter is no more than 3% by weight, that the moisture content is at least 2% and below the TML, and that the temperature of the cargo loaded does not exceed 65 °C.

This section of the Code therefore calls for **three certificates** to be provided by the shipper stating that the cargo:

- (i) Does not meet the criteria as a class 4.2 material;
- (ii) Has been appropriately aged; and
- (iii) Has proportions of large particles, moisture content and temperature below the specified limits.

In addition, the Master is to be provided by the shipper with the temperature log of the cargo during loading.

## **Carriage & cargo management**

### *General precautions*

As noted above the primary hazard associated with the carriage of DRI (D) is the generation of hydrogen, a flammable gas, within the ullage spaces of the hold. Unlike other DRI cargo types, the entry for Type D makes reference to a **risk assessment** to be undertaken in advance of the voyage and which is based on the "comprehensive information on the risk of hydrogen generation and the factors which might affect the rate thereof", to be provided by the Shipper.

This risk assessment might include other factors such as the weather conditions expected en route, the speed of the ship and distance to the discharge port, the availability of ports of refuge along the way, and any information on hydrogen evolution that might be available. The Master, with the aid of the shipper, should also ensure that the crew are properly briefed on the risks involved prior to loading commencement.

The ship should be equipped with the means to take measurements of the concentrations of hydrogen and oxygen. This is achieved using a suitably configured gas detector fitted with a pump and length of hose which can be inserted into the gas sampling points of each cargo hold.

In practice, and as recommended by the Code, the measurement of hold gases and cargo temperatures might typically be undertaken by an experienced cargo technician appointed by the Shipper. The Code recommends that the technician is present during loading and throughout the voyage.

The Code calls for such measurement devices to be suitable for use in an oxygen-depleted atmosphere. This is because some types of combustible gas analysers ("catalytic bead sensors"), which are sensitive to hydrogen, require a minimum level of oxygen in order to operate correctly. In oxygen-depleted atmospheres, as is often found with DRI cargoes, catalytic bead sensors might not provide reliable results. Similarly, some other types of combustible gas sensor that can operate in low oxygen environments are blind to hydrogen. The selection of appropriate sensor equipment is therefore extremely important for all DRI cargoes.

### *Ventilation*

The Code sets out that mechanical surface ventilation shall be provided in each hold to maintain the hydrogen concentration less than 1% by volume (25% LEL).

Given the risk of flammable atmospheres being present, only fans which are suitable for use in explosive environments should be used for mechanical ventilation. It is also important that the ventilation applied is surface ventilation, and that fresh air is not introduced into the stow itself (through fan ducts lower down in the hold, for example) as this could encourage oxidation reactions in the bulk, leading to an increase in the heat being generated due to and an increase in the rate of reaction.

Ventilation should be limited to the time required to remove any hydrogen gas accumulations to below 1% by volume, in order to minimise the risk of fresh air/oxygen being introduced into the cargo. The length of time and frequency that ventilation is

applied will be derived to some extent by prior experience, and in this respect the Code introduces the concept of a **time-based gas prediction curve**, the results of which should be used to update the voyage risk assessment.

The time-based gas prediction curve is a tool for understanding the likely rate of hydrogen evolution. It is a graphical representation of how the hydrogen evolution occurs over time, and it is constructed by measuring the hydrogen concentration in the ullage of each hold after ventilation has reduced the concentration to <0.2% by volume (i.e. to below 5% LEL), and plotting this data against time. With mechanical ventilation stopped and natural vents closed, measurements are taken every 2 hours over the course of the next 24 hours, or until the hydrogen concentration exceeds 1% by volume, whichever occurs first. The data are then used to estimate the time required to reach a hydrogen concentration of 1% by volume in the absence of ventilation, and this time period can then be used to optimise the ventilation schedule. It is also useful to understand how quickly hydrogen gas might accumulate within a hold during periods of heavy weather, when it might not be possible to apply ventilation. All of this information is then fed into the risk assessment process.

Expert assistance might be required to analyse the gas concentration data and to derive an appropriate ventilation regime.

Mechanical ventilation shall be by extraction, rather than blowing in air from the outside, with exhaust ducts removing the expelled gases to a safe location (e.g. away from the accommodation). Two spare sets of ventilation equipment shall be available on board, and the crew or other authorised persons shall be familiar with its installation, operation and maintenance. The Code sets out minimum airflows of 1.2 m<sup>3</sup> per hour per tonne of cargo.

#### *Emergency procedures*

If the hydrogen concentration is approaching or exceeds 1% by volume, then the hold(s) in question shall be ventilated (via mechanical and/or natural surface ventilation) until the concentration falls to or below 0.2% by volume. The hydrogen concentration should be measured more frequently if it exceeds 1% by volume (preferably hourly) provided that prevailing conditions permit. If an elevated hydrogen concentration persists, expert assistance may be required.

Experience has shown that measurement of gas concentrations during period of active ventilation may lead to unreliable results, particularly if the remote sensing hose of the gas detector is inserted into the hold within a stream of intake air or expelled gases. Care therefore needs to be taken when measuring gases during ventilation, which might be indicative only. Accurate gas readings might only be possible once ventilation has stopped, even if only for a short period of say a few tens of minutes.

In the event of a breakdown in mechanical ventilation, continuous natural ventilation can be applied until the mechanical fans can be restored. Weather conditions will need to be considered of course, and the frequency of monitoring hydrogen concentration and cargo temperatures should be increased.

If cargo temperatures increase above 65 °C, the Code calls for increased mechanical and natural ventilation to dissipate heat and any hydrogen, and to increase the frequency of gas and temperature measurements. It precludes the use of CO<sub>2</sub>, water or steam on the cargo, but does suggest bulkhead cooling if possible (e.g. spraying water from empty adjacent holds).

The Code does not set out the possible circumstances under which the cargo might exhibit elevated temperature, and clearly there might be issues with ventilating a cargo that is exhibiting heating due to reaction with air / oxygen. It might be appropriate in some circumstances to seek expert advice; any expert involvement would certainly have to include consideration of the full history of the cargo, including the logs of temperature and gas concentrations since loading.

### *Discharge*

Hatch covers should only be opened if the hydrogen concentration in the ullage space of a hold has been determined to be below 1% by volume. Additional ventilation may therefore be required to achieve this threshold before discharge can commence.

A hydrogen concentration of 1% by volume is substantially below the lower flammability limit, giving a built-in safety margin. Moreover, the hydrogen content in the hold atmosphere will become increasingly diluted once the covers have been cracked open, adding a further safety margin.

As noted above, the Code allows for DRI (D) cargoes to be discharged during rain, but only if the entire complement of cargo within a hold is discharged at the same port, and not transshipped on to another vessel or leaving part of the (wet) cargo on board. If holds do need to be closed during periods of rain at the discharge port, the hydrogen concentration monitoring process will need to be restarted for those holds.

## **Summary**

The IMSBC Code entry for DRI Type D differs substantially from the existing Type C entry: Both are for by-product fines, but the Type D entry recognizes the primary hazard of fines, which is hydrogen evolution due to reaction with water, rather than from self-heating via reaction with oxygen in air. The focus of the Code is therefore on the measurement and control of the hydrogen gas concentration by surface ventilation. This is unlike the other Code entries for DRI, where the basis for safety is the exclusion of both moisture and air.

Accordingly, Masters and crews will need to be appropriately trained in order to be prepared to contribute effectively to the assessment of the hydrogen evolution risk for a given voyage, with consideration of distances, speeds, the location of potential ports of refuge and weather conditions being factored in. In addition, a time-based gas prediction curve is plotted in order to estimate the length of time before the hydrogen concentration in each hold will reach the safety limit, this being 1% by volume, i.e. 25% LEL, and this data is then used to optimise a ventilation strategy. Typically, shippers would be expected to provide an expert cargo technician to assist with this process.

The cargo technician's role is defined in more detail the Appendix to the schedule, and includes the following responsibilities:

- monitoring during loading operations and providing advice as appropriate;
- advising on and supervising the installation of the thermocouples for temperature measurement;
- monitoring and reporting on the cargo parameters (temperature and gas concentrations);

- assisting and advising the Master and crew in the development of the time-based gas prediction curve; and
- advising and coordinating with the Master and crew in connection with the operation of the ventilation system during the voyage.

Additional information can be found in the IIMA publication, 'Direct Reduced Iron By-Product Fines (DRI D): A Guide to Handling, Storage & Shipping' found on the IIMA website- [www.metallics.org](http://www.metallics.org)



**Burgoynes**  
consulting scientists and engineers



DIRECT REDUCED IRON (D) (By-product fines with moisture content of at least 2%)				還元鉄(D) (含水率 2%以上の微粒副生物)			
<b>DESCRIPTION</b> Direct reduced iron (DRI) (D) is a porous, black/grey odourless metallic material generated as a by-product of the manufacturing and handling processes of DRI (A) hot-moulded briquettes and/or DRI (B) lumps, pellets and cold-moulded briquettes, which has been aged for at least 30 days prior to loading.				<b>貨物の説明</b> 還元鉄(D)は還元鉄(A)熱間成型ブリケット及び/又は還元鉄(B)塊、ペレット、冷間成型ブリケットの製造・取扱工程で副産物として発生する多孔質の黒色/灰色、無臭の金属材料で、積荷前に少なくとも 30 日間熟成させたものである。			
<b>CHARACTERISTICS</b>				<b>貨物の性状</b>			
<b>Physical properties</b>				<b>物理的特性</b>			
Size	Angle of repose	Bulk density (kg/m <sup>3</sup> )	Stowage factor (m <sup>3</sup> /t)	粒径	静止角	見かけ密度(kg/m <sup>3</sup> )	載貨係数 (m <sup>3</sup> /t)
Fines and small particles with an average size less than 6.35 mm, particles larger than 12 mm not to exceed 3% by weight	Not applicable	1,850 to 3,300	0.30 to 0.54	平均粒径が 6.35mm 未満の粉末又は微粒子で、12mm 以上の粒子は重量比が 3%以下	適用対象外	1,850 ~ 3,300	0.30 ~ 0.54
<b>Hazard classification</b>				<b>危険性分類</b>			
Class	Subsidiary hazard(s)	MHB	Group	等級	副次危険性	MHB	種別
Not applicable	Not applicable	SH and/or WF	A and B	適用対象外	適用対象外	SH and/or WF	A and B
<b>HAZARD</b> Temporary increase in temperature of about 30°C over ambient, due to oxidation and consequent self-heating, may be expected after material handling in bulk. There is a risk of overheating, fire and explosion during transport due to the fact that this cargo reacts with air, fresh water and seawater to produce hydrogen and heat. Hydrogen is a lighter than air, flammable gas, that can form an explosive				<b>危険性</b> 酸化とそれに伴う自己発熱により、ばら積み時の物質の取扱後、一時的に周辺に 30 度以上の温度上昇を起こす恐れがある。 この貨物は空気、真水、海水と反応して水素と熱を発生するため、輸送中に過度の発熱、火災、爆発の危険性がある。水素は空気より軽い可燃性ガスで、体積比 4% 以上の濃度で空気と混合すると爆発性雰囲気形成する可能性がある。			

atmosphere when mixed with air in concentrations above 4% by volume. Oxygen in cargo holds and in enclosed adjacent spaces may be depleted. Flammable gas may also build up in these spaces. This cargo may liquefy if shipped at a moisture content in excess of its transportable moisture limit (TML). See sections 7 and 8 of this Code.

#### STOWAGE & SEGREGATION

“Separated from” goods of classes 1 (division 1.4S), 2, 3, 4 and 5, and class 8 acids in packaged form (see the IMDG Code).

“Separated from” solid bulk materials of classes 4 and 5. Goods of class 1, other than division 1.4S, shall not be carried in the same ship. Boundaries of compartments where this cargo is carried shall be resistant to fire and passage of liquid.

#### HOLD CLEANLINESS

The cargo spaces shall be clean, dry and free of salt and residues of previous cargoes. Prior to loading, wooden fixtures such as battens, loose dunnage, debris and combustible materials shall be removed.

#### WEATHER PRECAUTIONS

Storage in the open air shall be permitted prior to loading, subject to any requirements of the competent authority of the port of loading. During storage, the material shall be piled such as to allow the greatest possible exposure to the atmosphere and thus facilitate its natural ageing.

When a cargo is carried in a ship other than a ship complying with the requirements in 7.3.2 of this Code, the following provisions shall be complied with:

- .1 the moisture content of the cargo shall be kept less than its TML during loading operations and the voyage;
- .2 unless expressly provided otherwise in this individual schedule, the cargo shall not be handled during precipitation;
- .3 unless expressly provided otherwise in this individual schedule, during handling of the cargo, all non-working hatches of the cargo spaces into

船倉や隣接する閉鎖された区画の酸素が欠乏する可能性がある。また、これらの区画に可燃性ガスが蓄積する可能性がある。

この貨物は運送許容水分値を超える水分値で輸送した場合、液状化するおそれがある。コードの第 7 節及び第 8 節参照。

#### 積付及び隔離要件

等級 1.4S、等級 2、等級 3、等級 4、等級 5 の個品危険物及び等級 8 個品の酸類と別の船倉又は区画に積載すること(国際海上危険物規程参照)。

等級 4 及び 5 の固体ばら積み物質と別の船倉又は区画に積載すること。

等級 1.4S 以外の等級 1 の危険物は、同じ船舶で運搬してはならない。この貨物が積載される区画の境界は、耐火性及び耐水性でなければならない。

#### 船倉の清浄さに係る要件

船倉は清浄な乾燥状態とし、塩分及び前の貨物の残滓がない状態とすること。積荷前にバツェン、ばらのダンネージ、破片、可燃性物質等の木製の備品が除去されていること。

#### 天候に係る要件

屋外での保管は、積荷港の所轄当局の要件に従い、積荷前に許可されるものとする。保管中は、可能な限り大気に触れさせ、自然に養生させるよう堆積すること。

このコードの第 7.3.2 節の要件を満たす船舶以外の船舶で運送される場合は、以下の規定を満たすこと:

- .1 積載中及び航海中は貨物の水分値を運送許容水分値より低く保つこと。
- .2 この貨物に関する付則の中で別途明確に規定されない限り、この貨物は雨中で荷役してはならない。
- .3 この貨物に関する付則の中で別途明確に規定されない限り、この貨物の荷役中は、この貨物を積載しているまたは積載する予定であって荷

<p>which the cargo is loaded, or to be loaded, shall be closed; and</p> <p>.4 the cargo in a cargo space may be discharged during precipitation provided that the total amount of the cargo in the cargo space is to be discharged in the port.</p> <p><b>LOADING</b></p> <p>Prior to loading this cargo, the shipper shall provide the master with a certificate issued by a competent person recognized by the competent authority of the port of loading stating that the cargo does not meet the criteria for class 4.2 materials. As the density of the cargo is extremely high, the tank top may be overstressed unless the cargo is evenly spread across the tank top to equalize the weight distribution. Due consideration shall be given to ensure that the tank top is not overstressed during the voyage and during loading by a pile of the cargo.</p> <p>Prior to loading, the cargo shall be prepared and aged naturally for a minimum of 30 days. Prior to loading this cargo, the shipper shall provide the master of the ship with a certificate issued by a competent person recognized by the competent authority of the port of loading stating that the cargo has been prepared and aged naturally for a minimum of 30 days.</p> <p>Prior to loading, the temperature of the cargo in the stockpile to be loaded shall be measured by the shipper for three consecutive days and recorded in a log. Measurements shall be taken 20 to 30 cm below the surface and at 3-metre intervals over the length and width of the stockpile. The cargo shall not be loaded if its temperature is in excess of 65°C.</p> <p>Care shall be taken by all parties concerned to ensure that particles coarser than 6.35 mm are, as far as is practicable, evenly distributed throughout the entire cargo, in order to avoid build-up of concentrations of coarse material.</p> <p>Trim in accordance with the relevant provisions required under sections 4 and 5 of this Code.</p> <p>The cargo temperature shall be monitored during loading and recorded in a log detailing the temperature of each lot of cargo loaded, a copy of which shall be provided to the master.</p> <p>Hatch covers shall, weather permitting and subject to the absence of precipitation,</p>	<p>役を行っていない全ての船倉のハッチカバーを閉鎖すること。</p> <p>.4 船倉内の貨物の全量をその港で荷揚げする場合は、その船倉の貨物は雨中で揚げ荷することが出来る。</p> <p><b>積荷役時の要件</b></p> <p>この貨物の積荷前、荷送人は積荷港の所管当局が認めた者が発行する、貨物が等級 4.2 の自己発熱性物質の基準を満たしていないことを記載した証明書を船長に提出すること。</p> <p>貨物の密度が非常に大きいため、重量分布を均等にすべく貨物をタンクトップ全体に均一に広げないと、タンクトップに過大な応力が作用するおそれがある。貨物の堆積によりタンクトップに過大な応力が作用しないことを確実にするよう検討すること。</p> <p>積荷前に貨物を用意し、少なくとも 30 日間自然熟成させること。この貨物の積荷前、荷送人は積荷港の所管当局が認めた者が発行する、貨物が用意され少なくとも 30 日間自然熟成されたことを記載した証明書を船長に提出すること。</p> <p>積荷前、荷送人は積荷となる備蓄の貨物の温度を 3 日間連続で測定し、記録すること。測定は、貨物の表面下 20~30cm の位置で、積荷の長さ幅にわたって 3m 間隔で行う。貨物の温度が 65°C を超える場合は、貨物を積み込んではいならない。すべての関係者は、可能な限り大きさが 6.35mm を超える粗い粒子が貨物全体に均等に分散されるように注意すること。</p> <p>この規則の第 4 節及び第 5 節の関連する規定に従って荷繰りすること。</p> <p>積み荷役中は貨物の温度を計測し、積載する各貨物のロットの温度をログに記録すること。ログの複写を船長に提出すること。</p> <p>ハッチカバーは、好天時、降水がないことを条件として、貨物の冷却、貨物温度の</p>
--	---

remain open after completion of loading of the respective holds and placement of thermocouples, in order to allow cooling of the cargo, stabilization of cargo temperature and natural ventilation of the hold. Otherwise, hatches shall be closed and sealed immediately upon completion of loading and placement of thermocouples. Monitoring of temperature and hydrogen concentration shall then be commenced. On completion of loading, the ship shall wait for 24 hours (or longer as may be required) before sailing, in order to ensure that:

- .1 all loaded cargo holds are correctly closed and sealed;
- .2 the temperature of the cargo at all measuring points is stable and does not exceed 65°C for at least 12 consecutive hours; and
- .3 that the concentration of hydrogen in the head space of the holds has stabilized and does not exceed 1% by volume (25% of the lower explosive limit (LEL)) for at least 12 consecutive hours.

If after loading and before sailing any cargo temperatures are found to be in excess of 65°C, the material so affected shall be allowed to cool naturally to 65°C or less, or be cooled by mechanical intervention prior to sailing, for example with a front end loader, subject always to proper monitoring and safety precautions being in place. Other measures may be specified by the competent authorities concerned. On completion of loading and before sailing, a certificate shall be issued by a competent person recognized by the competent authority of the port of loading, stating that:

- .1 the proportion of material larger than 12 mm is no more than 3% by weight;
- .2 the moisture content of the cargo loaded is at least 2% and below the TML; and
- .3 the temperature of the cargo loaded does not exceed 65°C.

**PRECAUTIONS**

It is recommended that an experienced cargo technician appointed by the shipper be on board the ship during loading and throughout the voyage.

Prior to loading, the shipper shall provide the master with comprehensive information on the risk of hydrogen evolution and the factors which may affect the

安定化、船倉の自然換気を可能にするため、各船倉への積荷が完了し、熱電対が設置された後も開いたままとすること。そうでない場合、ハッチは積荷と熱電対の設置が完了したら直ちに閉じ、密閉する。その後、温度と水素濃度の監視を開始する。

積荷の完了後、出航前に 24 時間(または必要に応じてそれ以上)待機し、以下を確認すること:

- .1 貨物が積載されたすべての船倉が正しく閉じられ、密閉されていること。
- .2 全ての計測点において貨物の温度が安定しており、少なくとも 12 時間連続で 65°Cを超えていないこと。
- .3 船倉上部の空間における水素濃度が安定しており、少なくとも 12 時間連続で 1Vol%(爆発下限界値の 4 分の 1)を超えないこと。

積荷後、出航前に貨物の温度が 65°Cを超えていた場合、適切な監視と安全予防措置が常に講じられることを条件に、その影響を受けた物質を 65°C以下まで自然冷却させるか、出航前にフロントエンドローダーなどで機械的に冷却すること。その他の措置は、関係当局によって指定される場合がある。

積荷が完了し出航する前に、積荷港の所管当局が認めた者が、次の事項を記載した証明書を発行しなければならない:

- .1 12mm 以上の物質の割合が重量比で 3%以下であること。
- .2 積載された貨物の水分値は少なくとも 2%以上且つ運送許容水分値以下であること。
- .3 積載された貨物の温度が 65°Cを超えないこと。

**各種の要件**

荷主が指名した経験豊富な貨物技術者が、積荷中および航海中、船に同乗することが推奨される。

積荷前、荷送人は船長に対し、水素発生危険性及び水素発生率に影響を及ぼす可能性のある要因に関する包括的な情報を提供すること。

rate thereof.

Such risk assessment may include, but not be limited to:

- .1 expected weather conditions;
- .2 such information as is then available on the hydrogen evolution rate;
- .3 planned speed of the ship;
- .4 availability and accessibility of ports of refuge en route; and
- .5 distance to the port of discharge.

It is strongly recommended that weather routing be utilized in the above-mentioned risk assessment.

Prior to shipment, the master, with the aid of the shipper and/or the cargo technician if appointed, shall ensure that all concerned crew members have been informed about and understand the potential risks associated with the carriage of this cargo. Such knowledge exchange shall be recorded in the ship-shore safety checklist.

The shipper shall ensure that expert advice is available at all times during the voyage and shall provide relevant contact details to the master prior to sailing.

Any material that has become wetted, for example, due to precipitation, shall not be loaded unless such material has been rectified regarding its moisture content.

In the event that a hold carrying this cargo has to be closed prior to completion, for example, due to precipitation, such hold shall be monitored for hydrogen concentration as frequently as required and ventilated to keep the hydrogen concentration less than 1% by volume (25% LEL).

The ship's cargo holds shall be provided with the means of reliably measuring the temperatures at several points within the stow and the concentrations of hydrogen and oxygen in the cargo hold atmosphere during the voyage without entering the cargo holds. Such measuring devices shall be suitable for use in an oxygen-depleted atmosphere and of a certified safe type for use in an explosive atmosphere.

Holds carrying this cargo and adjacent spaces may become oxygen-depleted. No person shall enter a loaded cargo space or enclosed adjacent space unless such space has been ventilated and the atmosphere tested and found to be gas-free and

このようなリスク評価には以下が含まれる。なお、これらに限定されるものではない:

- .1 予想される気象条件。
- .2 その時点で入手可能な水素発生率に関する情報。
- .3 船の計画速度。
- .4 航路途中の避難港の有無及びアクセス。
- .5 排出港までの距離。

上記のリスク評価では、ウェザールーティングを活用することを強く推奨する。

積荷前、船長は荷送人及び／又は貨物技術者(選任されている場合に限る。)の助けを借りて、関係する全ての船員が、この貨物の運送に関連する潜在的なリスクについて知らされ、理解したことを確認すること。このような知識交換は、船陸間安全チェックリストに記録すること。

荷送人は、航海中常に専門家の助言を受けられるようにし、出航前に船長に関係者の連絡先の詳細を提供すること。

降水等によって濡れた物質は、その水分値が改善されない限り、積載しないこと。降水等のために、この貨物を積載した船倉を積荷の完了前に閉鎖しなければならない場合、随時船倉の水素濃度を監視し、水素濃度を体積比 1%(爆発下限界値の 25%)未満に保つように換気すること。

当該船舶の船倉には船倉に立ち入ることなく、航海中の船倉内の数箇所の温度及び船倉の空気中の水素及び酸素の濃度を確実に測定する手段を備えておくこと。当該測定装置は酸欠空気での使用に適し、爆発性雰囲気で使用するために認証された安全なタイプのものであること。

この貨物を積載した船倉及び隣接する区画において酸欠状態になる可能性がある。この貨物を積載した船倉及び隣接する区画に立ち入らないこと。ただし、当該区画を換気した上で空気試験を行い、ガス・フリーで生命を維持するのに十分な酸素があることが確認された場合はこの限りでない。

to have sufficient oxygen to support life.\*

### VENTILATION

During the voyage, mechanical surface ventilation shall be provided in each cargo hold carrying this cargo, in order to keep the hydrogen concentration less than 1% by volume (25% LEL). The mechanical surface ventilation system shall be of a certified safe type for use in an explosive atmosphere, capable of ventilating the cargo surface, as stipulated in 3.5 of this Code. Suitable wire mesh guards shall be fitted over inlet and outlet ventilator openings.

Mechanical surface ventilation shall be available at all times, either by compliance with the Load Line Convention, Annex I, regulation 19(3), or by adopting measures to avoid a situation whereby the cargo hold mechanical ventilation system could not be used due to rough seas, such measures to be in keeping with good seamanlike practices as for similar cargoes emitting intermittent combustible gases and advice from weather routing service providers.

Ventilation shall be such as to provide surface ventilation and to avoid the possibility of the build-up of flammable gas/air mixtures. Ventilation other than surface ventilation shall not be applied and on no account shall air be directed into the body of the cargo.

In order to minimize the possibility of the introduction of oxygen and moisture into the cargo holds, periods of surface ventilation shall be limited to the time necessary to remove hydrogen which may have accumulated in the cargo holds and maintain the hydrogen concentration below 1% by volume (25% LEL).

Mechanical ventilation shall be such as to enable an airflow of at least 1.2 m<sup>3</sup> per hour per tonne of cargo in each hold carrying this cargo when needed, and in any case shall have an adequate capacity to ventilate down to a concentration of 0.2% hydrogen by volume (5% LEL) or less.

Prior to loading, an inspection of the mechanical ventilation system shall be conducted to ensure that it is functioning properly.

Two spare sets of ventilation equipment of a certified safe type for use in an

### 通風要件

航海中、水素濃度を体積比 1% (爆発下限界値の 25%) 未満に保つため、この貨物を積載する船倉において貨物表面を機械通風すること。当該機械表面通風システムは爆発性雰囲気で使用するために認証された安全な型式で、本規則 3.5 に規定される通り、貨物表面の通風ができるものでなければならない。換気口の出入口には適切な防火金網を取り付けること。

ロードライン条約の附属書 I 規則 19(3)に従うか、又は荒海のために船倉の機械表面通風システムが使用できない状況を回避する手段を採用することにより、機械表面通風を常時利用できるようにすること。なお、このような手段は、同じく断続的に可燃性ガスを排出する貨物の場合と同様に、優秀な船員の経験とウェザールーティングサービス提供者の助言に沿ったものでなければならない。

換気は表面通風を行い、可燃性ガスと空気の混合物が蓄積する可能性を回避すること。表面通風以外の通風を行ってはならず、いかなる場合も貨物内部に空気を入れられないこと。

船倉に酸素や水分が混入する可能性を最小限に抑えるため、表面通風の時間は、船倉に蓄積した水素を除去し、水素濃度を体積比 1% (爆発下限界値の 25%) 未満に維持するのに必要な時間に制限されるものとする。

機械通風は、必要に応じて、貨物を搭載する各船倉の貨物トン当たり毎時最低 1.2m<sup>3</sup> の気流を可能にするものでなければならない。いかなる場合にも、体積比 0.2% の水素濃度 (爆発下限界値の 5%) 以下まで換気できる十分な能力を有するものでなければならない。

積荷前、機械通風システムの検査を実施し、適切に機能していることを確認すること。

航海中、爆発性雰囲気で使用するために認証された安全な型式の通風装置の予

\* Refer to the Revised recommendations for entering enclosed spaces aboard ships (resolution A.1050(27)).

explosive atmosphere shall be available on board the ship during the voyage. A crew member or other person with the ability to install the spare fans shall be available on board throughout the voyage.

In addition, natural ventilation shall be provided in enclosed cargo holds intended for the carriage of this cargo.

The operating period and frequency of the ventilation system shall be determined based on the measured hydrogen concentration and the indicated rate of increase/decrease thereof over time. It is therefore very important to establish a time-based gas prediction curve (see the appendix to this schedule). Such curve shall be first determined prior to sailing and, recognizing that conditions can change during the voyage, be updated from time to time during the voyage as may be appropriate, for example in the case of seawater intrusion into a hold carrying this cargo.

Based on the time-based gas prediction curve(s), the risk assessment shall as soon as possible be updated accordingly, and the voyage plan shall be optimized to avoid a situation where the cargo hold mechanical ventilation system might not be able to be used due to rough seas for periods greater than the estimated time for the concentration of hydrogen to reach 1% by volume (25% LEL).

The port authorities at planned ports of refuge shall be advised in advance and a confirmation that access would be granted shall be obtained prior to adding such port to the voyage plan.

The risk assessment, voyage plan, and weather routing, if adopted, shall be updated as frequently during the voyage as updates on the weather become available, as well as actual hydrogen evolution rates.

Gases in the cargo holds carrying this cargo shall be removed by extraction, rather than by blowing in the air from outside. Mechanical ventilation exhaust shall be directed to a safe location, away from personnel. All inherent risks associated with the location of the ventilation exhaust openings shall be considered and risk mitigation measures shall be taken to address any such identified potential risk, as appropriate. Ventilation shall be such that exhaust gases cannot enter living quarters in hazardous concentrations.

In the event that mechanical ventilation cannot be operated for whatever reason

備を 2 セット船内に備えておくこと。航海中、予備の換気扇を取り付ける能力を有する乗組員又はその他の者を、船内に配置しなければならない。

加えて、この貨物の運送を目的とした密閉された船倉内において自然通風装置を備えなければならない。

通風システムの運転期間および運転頻度は、測定された水素濃度およびその経時的な増減率に基づいて決定されること。したがって、時間ベースのガス濃度予測曲線を確立することが非常に重要である(本附則の付録を参照)。この曲線は、まず出航前に決定し、例えば、この貨物を積んだ船倉に海水が浸入した場合など、航海中に状況が変化する可能性があることを認識した上で、航海中、適切な場合には随時更新すること。

時間ベースのガス濃度予測曲線に基づき、可能な限り早急にリスク評価を適宜更新し、水素濃度が体積比1%(爆発下限界値の25%)に達するまでの予測時間を超える期間、荒波のために貨物倉の機械通風システムが使用できない可能性がある状況を回避するよう、航海計画を最適化すること。

計画された避難港の所管当局に事前に通知し、当該港を航海計画に追加する前に、寄港が許可されることの確認を得なければならない。

リスク評価、航海計画、ウェザールーティング(採用された際は)、航海中、最新の気象情報が入手できるようになった場合、実際の水素発生率に応じて随時更新されるものとする。

この貨物を搭載する船倉内のガスは、外部からの送風ではなく、抽気により除去すること。機械通風による排気は、船員から離れた安全な場所に向けること。通風の位置に関連するすべての固有のリスクが考慮されるものとし、そのような特定された潜在的リスクに対処するため、必要に応じてリスク軽減措置が講じられるものとする。通風は排気ガスが危険な濃度で居住区域に流入しないようなものとする。

何らかの理由で機械通風ができない場合(機械の故障や電気システムの故障など):

<p>(for example in the event of mechanical breakdown or electrical failure):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 continuous natural ventilation shall be applied until mechanical ventilation is restored; repairs to the non-functioning ventilator shall, if practicable and safe, be carried out away from cargo holds containing this cargo; a ventilator which cannot readily be repaired shall be replaced with a spare one;</li> <li>.2 if necessary and practicable, use other available means of forced ventilation, preferably in extraction mode;</li> <li>.3 weather routing advice, if available, shall be updated as soon as possible and, where appropriate, consideration shall be given to re-routing and/or adjusting speed to avoid heavy weather;</li> <li>.4 the frequency of monitoring of hydrogen concentration and cargo temperature shall be increased;</li> <li>.5 subject to the discretion of the master, during heavy seas, consideration shall be given to leaving open one or more of the natural vents on the leeward side that are situated in locations protected from the serious effects of the heavy weather, in order to provide some useful dissipation of hydrogen gas from the holds;</li> <li>.6 mechanical ventilation shall be restarted as soon as possible and operated continuously until the concentration of hydrogen falls to or below 0.2% by volume (5% LEL), and thereafter operated, as necessary, to sustain the hydrogen concentration below 1% by volume;</li> <li>.7 due care shall be exercised in restarting the ventilation, both mechanical and natural, so as not to create an ignition source; and</li> <li>.8 seek advice from the shipper or other suitably qualified expert, as appropriate.</li> </ul> <p>In all cases, mechanical ventilation shall be operated for an appropriate period of time prior to discharge.</p> <p><b>CARRIAGE</b> The concentrations of hydrogen and oxygen and cargo temperature in holds carrying this cargo shall be measured daily during the voyage in the presence of or by the</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>.1 機械通風が回復するまで、継続的な自然通風を行うこと。機能しない通風装置の修理は、実行可能で安全な場合、当該貨物を含む貨物倉から離れた場所で行うこと。容易に修理できない通風装置は、予備のものと交換すること。</li> <li>.2 必要かつ実行可能であれば、他の利用可能な強制換気手段を使用すること。</li> <li>.3 ウェザールーティングの助言がある場合は、可能な限り速やかに更新し、適切な場合は悪天候を避けるためルート変更および/または速度の調整を検討すること。</li> <li>.4 水素濃度と貨物温度の監視頻度を増やすこと。</li> <li>.5 船長の裁量に従い、荒天時には船倉からの水素ガスの放散に役立つため、荒天の深刻な影響から保護された場所にある風下側の自然通風口を1つ以上開けておくことを考慮しなければならない。</li> <li>.6 機械通風はできるだけ早く再開し、水素濃度が体積比 0.2% (爆発下限界値の 5%) 以下になるまで継続的に運転し、その後は必要に応じて水素濃度を体積比 1% 以下に維持するように運転すること。</li> <li>.7 機械通風、自然通風ともに着火源を作らないよう、通風の再開には十分な注意を払わなければならない。</li> <li>.8 必要に応じて、荷送人または適切な資格を有する専門家に助言を求め</li> </ul> <p>いずれの場合も、揚荷前に適切な時間、機械通風を行うこと。</p> <p><b>運送時の要件</b> この貨物を積載する船倉内の水素及び酸素の濃度並びに貨物温度は、航海中毎日、本船指定の乗組員若しくは代理人の立会いの下、又は貨物技術者が任命され</p>
--	---

ship's designated crew member or representative, or by or under the supervision of the cargo technician, if appointed, and the results of such measurements shall be recorded in a log, given to the master, and kept on board for a minimum of two years.

The frequency of monitoring shall be determined on the basis of the information provided by the shipper, the advice of the cargo technician if appointed, and the information obtained through the analysis of the atmosphere in the cargo holds. Consideration shall be given to increasing the frequency of cargo monitoring following periods of bad weather or following mechanical breakdown of the ventilation system.

As soon as the results of monitoring indicate that the hydrogen concentration is approaching or has reached 1% by volume (25% LEL), the following precautionary measures shall be taken:

- .1 verify proper operation of the mechanical and natural ventilation systems;
- .2 maintain, and if possible, increase mechanical and natural surface ventilation until the hydrogen concentration falls to or below 0.2% by volume (5% LEL);
- .3 take care to prevent any spark generation or other potential source of ignition in the vicinity of the cargo holds, adjacent spaces, or open decks; and
- .4 increase the frequency of monitoring of the hydrogen concentration in the cargo holds with the proper equipment, preferably to hourly, provided always and to the extent that prevailing conditions permit.

If the hydrogen concentration remains above 1% by volume after such increased monitoring and ventilation, seek expert advice. Other than in the case of last resort, opening the hatches for the purpose of additional ventilation shall be undertaken only following receipt of relevant expert advice. Personnel shall under no circumstances enter the affected cargo spaces.

A cargo temperature of 65°C in a cargo hold is an indicator of a potential emergency situation and is, therefore, a trigger for increased monitoring and vigilance, as well as preparation for dealing with the emergency. In such cases, the following

ている場合はその者の立会いの下、若しくはその監督下で測定するものとし、その測定結果は日誌に記録し、船長に渡し、最低 2 年間船内に保管すること。

監視の頻度は、荷送人から提供された情報、貨物技術者が任命されている場合はその助言、船倉内の大気の分析を通じて得られた情報に基づいて決定されるものとする。悪天候又は通風システムの機械的故障の後には、貨物の監視の頻度を増やすことを考慮しなければならない。

監視の結果、水素濃度が体積比1%(爆発下限界値の25%)に近づいている、または到達していることが判明次第、以下の予防措置を講じること:

- .1 機械通風および自然通風システムの適切な動作を確認すること。
- .2 水素濃度が体積比 0.2%(爆発下限界値の 5%) 以下になるまで、機械および自然表面通風を維持し、可能であれば増加させること。
- .3 船倉、隣接する空間、またはオープンデッキの近辺で、火花の発生やその他の潜在的な発火源を防ぐよう注意すること。
- .4 船倉内の水素濃度の監視の頻度を、常に、そして一般的な状況が許す限りにおいて、適切な装置を用いて、できれば 1 時間ごとに増加させること。

このような監視と通風の増加後も水素濃度が体積比で1%を超える場合は、専門家の助言を求めること。最終手段以外の場合、追加通風を目的としたハッチの開放は、関連する専門家の助言を受けた後にのみ実施すること。いかなる場合でも、影響を受ける船倉に人が立ち入らないこと。

船倉内の貨物温度が 65°Cを超えた場合は緊急事態の可能性を示しているため、監視と警戒を強化し、緊急事態に対処するための準備をする必要がある。このような場合、以下の予防措置を講じなければならない:

<p>precautionary measures shall be taken:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>.1 if possible, increase the rate of mechanical and natural ventilation to dissipate heat and any hydrogen;</li> <li>.2 monitor temperatures every 2 to 3 hours and hydrogen concentration every hour if possible, but in any event not less frequently than every 4 hours, provided always and to the extent that prevailing conditions permit;</li> <li>.3 do not use CO<sub>2</sub>, water or steam on the cargo;</li> <li>.4 monitor hydrogen and oxygen levels in adjacent cargo holds and spaces and if possible, ventilate them;</li> <li>.5 if possible, check for bulkhead heating in adjacent cargo holds; if significant bulkhead heating is detected from within an empty cargo hold, spray with water from the empty cargo hold side, provided the bulkheads are mechanically sound (water shall not be allowed to enter into contact with this cargo);</li> <li>.6 check for signs of abnormal heat in affected sounding pipes and air pipes; and</li> <li>.7 if and when the temperature returns sustainably to 65°C or less, regular monitoring procedures shall be resumed.</li> </ul> <p>In the event that the cargo temperature reaches or exceeds 100°C, follow the emergency procedures given in the appendix to this schedule.</p> <p>Bilge wells shall be checked regularly for the presence of water. If water is found, it shall be removed by pumping or draining the bilge wells.</p> <p>In the event that during the voyage the ship begins to exhibit motions indicative of cargo shifting, the appearance of the surface of this cargo shall be checked, subject always to the provisions for safe entry given in the section for “Precautions” hereof. If free water above the cargo or fluid state of the cargo is observed, the master shall take appropriate actions to prevent cargo shifting and potential capsizing of the ship and give consideration to seeking emergency entry into a place of refuge.</p> <p><b>DISCHARGE</b></p> <p>The hydrogen concentration in the relevant cargo hold atmospheres shall be</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>.1 可能であれば、機械及び自然通風の割合を増やし、熱と水素を放散させること。</li> <li>.2 可能であれば、温度は2～3時間ごと、水素濃度は1時間ごとにモニターし、いかなる場合においても、4時間ごとを下回らない頻度であること。</li> <li>.3 二酸化炭素、水、蒸気を貨物に使用しないこと。</li> <li>.4 隣接する船倉や区画の水素および酸素レベルを監視し、可能であれば通風を行うこと。</li> <li>.5 可能であれば、隣接する船倉の隔壁が加熱されていないかを確認すること。空の船倉側の隔壁の著しい加熱が検出された場合、隔壁が機械的に健全であれば、空の船倉側から水を噴霧すること(この貨物に水が接触してはならない)；</li> <li>.6 影響を受けたサウンディング・パイプやエア・パイプに異常な熱の兆候がないか確認すること。</li> <li>.7 温度が持続的に65°C以下に戻ったら、定期的なモニタリングを再開すること。</li> </ul> <p>貨物の温度が100°C以上になった場合は、本附則の付録に記載されている緊急時の手順に従うこと。</p> <p>定期的にビルジウェルの水の有無を確認すること。水が発見された場合は、ビルジウェルを汲み上げるか排水することにより除去すること。</p> <p>航海中、本船が貨物の移動を示す運動を開始した場合、本附則の「各種の要件」の項に記載された安全進入のための規定に常に従うことを条件として、貨物の表面の状態を確認するものとする。貨物の上部に自由水がある場合、または貨物の流動状態が確認された場合、船長は、貨物の移動および転覆の可能性を防止するために適切な措置を講じ、避難場所への緊急進入を求めることを考慮しなければならない。</p> <p><b>揚荷役時の要件</b></p> <p>ハッチカバーを開ける作業を行う直前に、関連する船倉の大気中の水素濃度を測</p>
---	--

measured immediately before any action to open the hatch covers is undertaken. If the hydrogen concentration is greater than 1% by volume (25% LEL), hatch covers shall not be opened. Additional ventilation shall be applied until the hydrogen concentration falls to or below 1% by volume. Special attention shall be given to the opening of hatch covers, in order to avoid sparks being generated. If in doubt, expert advice shall be sought.

The cargo in a hold may be discharged during precipitation, provided that the total amount of the cargo in such hold is: (1) to be discharged in the port; and (2) not to be transferred to another ship. Otherwise, during precipitation, all cargo operations shall be suspended and hatches of holds containing this cargo shall be closed. Monitoring of the hydrogen concentration in those holds containing this cargo shall be resumed.

**CLEAN-UP**

Accumulations of dust from this cargo on deck or in proximity to cargo holds shall be removed as quickly as possible. Hosing with seawater shall be avoided. Consideration shall be given to carefully cleaning exposed radio communications equipment to which dust from the cargo might adhere, such as radar, radio aerials, VHF installations, AIS and GPS.

**EMERGENCY PROCEDURES**

**SPECIAL EMERGENCY EQUIPMENT TO BE CARRIED**

Self-contained breathing apparatus.

**EMERGENCY PROCEDURES**

As provided by the shipper.

**EMERGENCY ACTION IN THE EVENT OF FIRE**

The specific procedures provided by the shipper should be consulted and followed, as appropriate.

Do not use CO2. Do not use water. Do not use steam.

**MEDICAL FIRST AID**

Refer to the Medical First Aid Guide (MFAG), as amended.

定しなければならない。水素濃度が体積比 1% (爆発下限界値の 25%) を超える場合は、ハッチカバーを開けてはならない。水素濃度が体積比 1% 以下になるまで、追加の通風を行うこと。火花の発生を避けるため、ハッチカバーの開放には特別な注意を払わなければならない。疑わしい場合は、専門家の助言を求めること。

船倉内の貨物は降水中に揚荷することができる、但し、当該船倉の貨物の総量は次のとおりとする：(1) 港内で揚荷されること、(2) 他の船舶に移送されないこと。但し、降水時には、全ての貨物作業を中断し、この貨物を積載した船倉のハッチを閉鎖すること。この貨物を含む船倉の水素濃度の監視を再開すること。

**清掃に係る要件**

甲板上または船倉に近接する場所で、この貨物に由来する塵埃が蓄積した場合は、可能な限り速やかに除去すること。海水による洗浄は避けること。レーダー、無線空中線、VHF 設備、AIS、GPS など、貨物からの粉塵が付着する可能性のある、露出した無線通信機器を注意深く清掃するよう検討すること。

**非常時の措置**

**備えるべき特別非常用装備**

自蔵式呼吸具

**非常時の措置**

荷送人により提供。

**火災発生時の行動**

荷送人から提供された具体的な手続きを参照し、適宜それに従う。  
二酸化炭素を使用しないこと。水を使用しないこと。蒸気を使用しないこと。

**応急医療**

改正応急医療指針参照

<p><b>Appendix</b></p> <p><b>DIRECT REDUCED IRON (D)</b> (By-product fines with moisture content of at least 2%)</p> <p><b>Precautions to be taken by the shipper prior to and during loading</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 The cargo temperature shall be monitored by the shipper for the three days prior to loading to verify temperature stability. Measurements shall be recorded in a log detailing the temperature for each lot of cargo loaded, a copy of which shall be provided to the master prior to sailing.</li> <li>2 Material exhibiting temperature instability beyond the temporary increase of up to about 30° C or with a temperature above 65° C shall not be loaded.</li> <li>3 If necessary, once the pre-shipment moisture content has been determined, each pile of cargo to be loaded may be covered with tarpaulins and during loading, the tarpaulins progressively removed as the pile is loaded. In the event of precipitation during loading such that a pile becomes wet, loading from such a pile shall be suspended and, weather permitting, loading shall be resumed from a different pile which has been tested for moisture content. The wet material shall be resampled for moisture content pursuant to 4.5.2 of the IMSBC Code and, such moisture content to be certified as suitable for loading by a competent person recognized by the competent authority of the port of loading.</li> <li>4 Prior to loading and after loading has been stopped due to precipitation, the shipper shall ensure that the conveyor belts and all other equipment used for loading this cargo contain no accumulations of water or other substances.</li> <li>5 Each time loading operations are commenced or resumed, all conveyor belts shall be operated unladen, but not over a cargo hold.</li> </ol> <p><b>Additional precautions to be taken</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Where practical, ballast tanks adjacent to the cargo holds containing this cargo, other than double-bottom tanks, shall be kept empty.</li> <li>2 Bilge wells shall be clean, dry and protected from ingress of the cargo with</li> </ol>	<p><b>付録</b></p> <p><b>還元鉄(D)</b> (含水率 2%以上の微粒副生物)</p> <p><b>積荷前および積荷中に荷送人が講じるべき措置</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 貨物の温度は、温度の安定性を確認するため、積荷前の3日間、荷送人により監視されること。測定値は、積荷の各ロットの温度を詳述したログに記録されるものとし、その写しは出航する前に船長に提供されるなければならない。</li> <li>2 一時的に約 30°Cを超える温度上昇をするような温度の不安定性を示す物質または 65°Cを超える温度の物質は、積載してはならない。</li> <li>3 積荷前に水分値が決定された後、積荷中には必要に応じて、船積みされる貨物の各パイルを防水シートで覆い、船積みされたものから防水シートを徐々に取り外しても構わない。積荷中に降雨でパイルが濡れた場合、当該パイルからの積荷を中断し、天候が許せば、水分値の検査を受けた別のパイルから積込みを再開すること。湿った物質は IMSBC コードの第 4.5.2 節に従って水分値を再サンプリングし、その水分値は積荷港の管海官庁によって認められた担当者によって、積込みに適していると証明されなければならない。</li> <li>4 積荷前及び降水により積荷が中止された後、荷送人は、本貨物の積荷に使用するコンベヤベルト及びその他すべての設備に水その他の物質が溜まっていないことを確認すること。</li> <li>5 積荷作業が開始または再開されるたびに、船倉内を除き、すべてのコンベヤベルトは荷を積まない状態で運転すること。</li> </ol> <p><b>追加で講じるべき措置</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 可能な限り、二重底タンク以外のこの貨物を積載する船倉に隣接するバラストタンクは空にしておくこと。</li> <li>2 ビルジウエルは清浄な乾燥状態とし、貨物の侵入を防止するため不燃性の</li> </ol>
--	---

<p>non-combustible material. Bilge wells shall be checked regularly for the presence of water. If water is found, it shall be removed by pumping or draining the bilge wells.</p> <p>3 The introduction of moisture and accumulation of condensation in the cargo holds shall be avoided.</p> <p>4 Appropriate precautions shall be taken to protect machinery and accommodation spaces from the dust of the cargo. Due consideration shall be given to protect sensitive equipment such as radars and exposed telecommunications equipment from the dust of the cargo.</p> <p>5 Persons who may be exposed to the dust of the cargo shall wear protective clothing, goggles or other equivalent dust eye-protection and dust filter masks, as necessary.</p> <p>6 During any handling of this cargo, "NO SMOKING" signs shall be posted on decks and in areas adjacent to cargo holds, and no naked light shall be permitted in these areas. Smoking, burning, cutting, chipping, grinding or other sources of ignition shall not be allowed in the vicinity of cargo holds containing this cargo at any time.</p> <p>7 All electrical equipment within any cargo hold in which this cargo is carried shall be of a certified safe type for use in explosive atmospheres or effectively isolated from the electrical supply.</p> <p>8 Prior to loading, an ultrasonic test or another equivalent method shall be conducted to ensure weathertightness of the hatch covers and closing arrangements, and all readings shall confirm weathertightness.</p>	<p>素材で適切に覆われていること。ビルジウェルは、定期的に水の有無を確認すること。水が発見された場合は、ビルジウェルを汲み上げるか排水することにより除去すること。</p> <p>3 船倉の湿気及び結露の蓄積を避けること。</p> <p>4 貨物の粉塵から機械設備及び居住空間を保護するため、適切な予防措置を講じること。レーダーや露出した電気通信機器のような繊細な機器を貨物の粉塵から保護するために、十分に配慮すること。</p> <p>5 この貨物の塵埃に晒されるおそれのある者は、必要に応じて保護衣、保護眼鏡若しくは他の同等な塵埃からの眼の保護及び防塵マスクを着用すること。</p> <p>6 この貨物の荷役中は「禁煙」の標識を甲板上及び貨物区画の近傍に掲げること。また、この貨物を積載している船倉の近傍では常に、喫煙、火気使用工事、焼付け、切削、錆打ち、研削または他の着火源を許可しないこと。</p> <p>7 この貨物が積載される船倉のすべての電気器具は、爆発性雰囲気で使用するために認証された安全な型式のものまたは電気供給源から効果的に絶縁されたものでなければならない。</p> <p>8 積荷前、ハッチカバー及び閉鎖装置の風雨密を確実にするため、超音波試験または適切な機器による他の同等な方法を実施し、全ての結果で風雨密が確認されること。</p>
<p><b>Development of time-based gas prediction curve</b></p> <p>A time-based gas prediction curve is an important tool for understanding the likely rate of evolution of hydrogen from this cargo. In order to develop such a curve, a cargo hold shall be ventilated until the hydrogen concentration falls to or below 0.2% by volume (5% LEL), then ventilation (both natural and mechanical) to such hold shall be stopped, and the hydrogen concentration measured every 2 hours thereafter for at least 24 hours or until it reaches 1% by volume, whichever occurs first. If the concentration reaches or exceeds</p>	<p><b>時間軸のガス予測曲線の開発</b></p> <p>時間軸のガス予測曲線は、この貨物から発生する水素の概ねの発生量を理解するための重要なツールである。このような予測曲線を作成するためには、水素濃度が体積比 0.2% (爆発下限界値の 5%) 以下になるまで船倉を通風した後、通風 (自然換気および機械換気の両方) を停止し、その後少なくとも 24 時間、または水素濃度が体積比 1% に達するまでのいずれか早い時点まで、2 時間ごとに水素濃度を測定しなければならない。水素濃度が体積比 1% 以上になった場合、それぞれの船倉を通風し、水素濃度が体積比</p>

1% by volume, the respective cargo holds shall be ventilated and measurements continued to ensure that the concentration of hydrogen has stabilized and remains sustainably at or below 0.2% by volume (5% LEL). Based on this data, the length of time needed to reach a concentration of 1% by volume in the absence of ventilation shall be calculated and employed for updating the voyage plan and optimizing the weather routing.

#### Emergency measures in case of high cargo temperature

- 1 In the event that the cargo temperature in a hold reaches or exceeds 100° C, the first step is to seek expert advice, in order to determine the best course of action, taking into account the prevailing circumstances and history of the cargo in question; for example, the rate of temperature increase, the remaining sailing time to the scheduled discharge port, etc.
- 2 Depending on the expert advice received, the following two solutions may be considered:
  - .1 deviation to a port of refuge to discharge the affected cargo if the cargo temperature exceeds 120° C, in which case preparations should be made for grab discharge; and
  - .2 as a last resort and only if safe, flooding the affected cargo holds with water, always taking into account the stability and strength of the ship.
- 3 The temperatures mentioned in this section, i.e., emergency measures in case of high cargo temperature, are indicative only, and the advice of the appointed surveyor or expert shall be followed.

#### Duties of the cargo technician

- 1 The cargo technician, if appointed, shall:
  - .1 Monitor the loading operations and provide advice as appropriate.
  - .2 Advise on and supervise the installation of thermocouples in the cargo holds for temperature monitoring, monitor the performance of the thermocouples, and keep the master informed accordingly; if a cargo technician is not appointed, the shipper shall advise on and supervise the installation of the thermocouples in the cargo holds.

0.2% (爆発下限界値の 5%) 以下に安定し、持続的に維持されていることを確認するために測定を継続するものとする。このデータに基づき、通風を行わなかった場合に濃度が体積比 1% に達するまでに必要な時間を算出し、航海計画の更新や気象ルーティングの最適化に利用するものとする。

#### 貨物温度が高い場合の緊急措置

- 1 船倉内の貨物温度が 100°C 以上になった場合、まず専門家の助言を求め、当該貨物の状態や動き、例えば、温度上昇の速度、排水予定港までの残り航行時間等を考慮し、最適な対応策を決定すること。
- 2 専門家の助言に応じ、以下の 2 つの解決策をとることを考慮すること:
  - .1 貨物の温度が 120°C を超える場合、その貨物を揚荷するために避難港に移動し、グラブによる揚荷役を準備すること。
  - .2 最後の手段として、また安全な場合に限り、船舶の安定性と強度を常に勘案して影響を受けた船倉を水浸しにすること。
- 3 本節に記載されている温度、すなわち貨物温度が高い場合の緊急措置はあくまでも目安であり、選任された測量士または専門家の助言に従うこと。

#### 貨物技術者の要件

- 1 貨物技術者が任命されている場合、以下の措置を講じること。
  - .1 積荷作業を監視し、適切に助言すること。
  - .2 温度監視のための船倉への熱電対の設置について助言及び監督するとともに熱電対の性能を監視し、船長に適宜報告すること。貨物技術者が任命されていない場合、荷送人は船倉への熱電対の設置について助言及び監督すること。

<p>.3 Monitor and report on the cargo parameters, namely temperature and hydrogen and oxygen concentrations, as well as other data or information relating directly to cargo behaviour, such duty to include taking readings in conjunction with designated crew members and ensuring that readings are communicated on a regular and frequent basis to the master, or their designated representative, who shall forward them to the shipper to seek appropriate advice.</p> <p>.4 Assist and advise the master and crew in the development of the time-based gas prediction curve and the frequency of updating thereof.</p> <p>.5 Advise and coordinate with the master and crew, as appropriate, in connection with the operation of the ventilation systems.</p> <p>.6 Provide advice and assistance to and cooperate with the master and crew in case of an emergency pertaining to the cargo.</p> <p>2 In carrying out such duties the cargo technician shall act in an advisory capacity and be subject to the authority and decision of the master of the ship.</p> <p>3 In the absence of the appointment of a cargo technician, the master or their designated representative shall seek advice from the shipper or other competent person.</p>	<p>.3 貨物のパラメータ、すなわち温度、水素及び酸素濃度、並びに貨物の挙動に直接関連するその他のデータ又は情報を監視し、報告すること。この職務には、指定された乗組員と共に測定し、測定値が定期的かつ頻繁に船長又は指定代理人に伝達されることを確実にし、船長が適切な助言を得るために荷送人に転送することも含まれる。</p> <p>.4 時間軸のガス予測曲線の作成とその更新頻度について、船長と乗組員を支援し、助言すること。</p> <p>.5 通風システムの操作に関して、船長および乗組員に適宜助言し、調整すること。</p> <p>.6 貨物に関する緊急事態が発生した場合、船長及び乗組員に助言及び援助を行い、協力すること。</p> <p>2 この職務を遂行する際、貨物技術者は助言をする立場で行動し、船長の権限と決定に従うこと。</p> <p>3 貨物技術者が任命されていない場合、船長又は指定代理人は、荷送人その他の適当な人物に助言を求めるものとする。</p>
--	---