

なぜ船は浮くのか？

Why do ships float?

第1回 船の建造や操船に関するガイド（船員以外の読者向け）

海上保険や国際貿易業界では業務の専門化が進んでいます。今日では日常的に船舶に携わっていても、取引の実務や技術面を完全には理解されていない方が多くいらっしゃるかもしれません。海事業界の経営層にも、技術的な知識や航海経験のない方が増えてきています。このような状況を受けて、Gard Newsでは船員以外の方を対象に、船舶の建造や操船に関する基本知識を解説するシリーズを開始します。シリーズの第1回目である本記事では、初回にふさわしいテーマ「なぜ船は浮くのか」を取り上げます。

密度

「なぜ船は浮くのか」という疑問を解明するには、密度の原理を考える必要があります。ご存じのとおり、密度とは、物質の大きさに対する重さ、つまり単位体積当たりの質量を示すものです。専門用語を用いれば、物体の密度とは、物体の1キログラム当たりの重量（質量）を1立方メートルの体積で除したものと定義され、 $\text{密度} = \text{質量} / \text{体積} \text{ (kg/m}^3\text{)}$ という公式で表されます。

以下は、様々な流体の密度の例です。

- 淡水: 1,000 kg/m³
- 海水: 約 1,025 kg/m³
- 油: 約 850 kg/m³
- 鋼鉄: 8,000 kg/m³
- 木材: 約 700 kg/m³

上記より、当然ながら、油と木材だけが水に浮くことが分かります。これは、物質の密度が水の密度より低いからです。すなわち、物体の浮力は、周囲の物質の密度に対するそれ自身の密度によって決まるのです。

この原理をもとに考えると、水の8倍を超える密度の鋼鉄製の船がどうして浮くのか、当然疑問がでてきます。棒鋼1本であれば沈むのに、なぜ船は沈まないのでしょうか。

アルキメデス

紀元前3世紀、古代ギリシャの数学者であり哲学者でもあったアルキメデスは、入浴中に浮力の原理を発見しました。アルキメデスが湯船に浸かったところ、水が湯船の両側からあふれて体が軽く感じたのです。アルキメデスは、あふれた水の量が彼の身体が占めていた場所の体積に等しいことに気付き、流体の中にある物体には、その物体が押しつけた流体の質量と等しい上向きの力が働くという結論を導きました。

上向きの力は押しつけられた流体の重さに等しいということは、物体を浮かすには、その物体の重量よりも大きい重量の流体を押しつけなければなりません。つまり、物体を浮かすには、その物体自身の密度を流体の密度よりも低くしなければならぬということです。物体の密度が流体の密度よりも高ければ、その物体は沈んでしまうことになります。

船の密度

船を構成する個々の材料は、水よりもはるかに高い密度を持ちます。しかし、船自体の密度は、総重量（貨物、燃料庫、貯蔵庫、船員等を含む）を船体の外殻の体積で除したものになります。そのため、船は、外殻の体積を大きくして、水の密度よりも船全体の密度が低くなるように設計されているのです。船の内部はほとんどが空気（これに対して、棒鋼は個体です。）なので、鋼鉄や他の材料が使用されていることを勘案しても、船の平均密

度は水の平均密度よりも低くなるというわけです。

鋼製の船体が破損すると、船体内部には、空気と入れ替わるように水が浸水してきます。その結果、船全体の密度が変化して、その変化の程度によっては沈没につながるおそれが生じるのです。

乾舷

昔、ヨーロッパで建造された船が、ヨーロッパの港で積荷を積載した後、熱帯地方まで航海を進めると沈没してしまうということがありました。荷揚げを行った海域の海水は、冷たく、塩分濃度が高かったものの、熱帯地方の海水は、温かく、塩分濃度が低いことから起こった現象です。上述のアルキメデスの原理が考慮されていなかったのです。荷揚げ場所のヨーロッパの海水の密度は淡水の密度よりも高かったので、船の質量と釣り合わせるのに押しの水の量は少なくて済んでいたのです。しかし、熱帯地方の海水は、温かく塩分濃度が低いので、平衡を保つためにより多くの水を押しの水の必要が生じたということです——そして、船が喫水線（船体が水面と接する線）を超えて沈んだ場合には、沈没につながりました。

この問題は、1870年代にサミュエル・プリムソルが解決しました。同氏は、船舶の喫水と、海水の種類や温度ごとの積載可能制限を示すマーク——後にプリムソル・ラインとして知られるようになる船体中央部に記されるマーク——を自身の船に付けたのです。

喫水線から甲板線までの安全な距離を確保することが、1930年満載喫水線に関する国際条約（現在は1966年満載喫水線に関する国際条約に改正）において義務化されました。これは、船体の外殻の体積を増やして甲板線が喫水線の十分上になるようにすることで確保す

ることが可能です。この距離は、乾舷として知られています。

乾舷の計算において、船舶の密度は、船舶の総重量を水面下にある外殻の体積（船体外板、プロペラおよび舵を含む）で除すことで求められます。

排水トン数

船の排水量とは、船が浮いているときに押しの水の体積であり、立方メートル単位で測定します。一方、船の排水トン数とは、船が燃料タンクを満タンにして全ての貯蔵庫が船内にある状態で浮いているときに自らが押しの水の重量であり、メートルトン（MT, 1,000Kgに相当）で測定します。浮遊物体は水中で自らの重量を押しの水の重量で、実質的には排水トン数が船の重量となります。