

高機能化が進む 自動車運搬船

我が国における自動車関連の輸出額は全体の2割を占めており、1度に大量の自動車を運ぶことができる「自動車運搬船」は重要な役割を果たしている。自動車をいかに傷をつけず、効率的に、また環境に負荷をかけずに運ぶか。我が国の自動車産業とともに進化してきた自動車運搬船は多くのノウハウと技術が詰め込まれている。



(写真提供：川崎汽船(株))

自動車運ぶために生まれた専用船

1950年代の中期まで、我が国の自動車の輸出は小規模なものであったが、1960年代になると海外に受け入れられるようになり、1970年には100万台を超した。当初は在来船の定期貨物に混ざって自動車が積載されたが、重ね積みできないため積載効率が悪く、またクレーンで自動車を1台ずつ吊り上げて積載したために損傷も起きやすかった(図1)。自動車は梱包されずにむき出しのままで輸送されるため、いかに商品に傷をつけずに、低コストで大量に運ぶかが課題であった。

そこで開発されたのがカーバルカー(自動車兼撤積船)である(図2)。カーデッキを持ち、往路は自動車を積み、復路はカーデッキを格納して小麦等のバルク貨物を積んだ。自動車の積載能力は「RT」と示されるが、これは当時のトヨタ「コロナRT」のサイズ(長さ4.125m、幅1.55m)の車が何台積み付けられるかを示している。およそ50年前のサイズであるため、現代の自動車のサイズとは異なるが、それでも自動車の積載能力はこの「RT」が今も変わらず世界基準となっている。

カーバルカーは復路に小麦等のバルク貨物を積載したが、悪天候時に荷役が遅れ、滞船状態が慢性的に続いたため、自動車の輸出に影響を及ぼした。そこで完全な専用船が求められ開発が進められた。日本においては1970年、PCC(Pure Car Carrier、自動車専用船)が建造された(図3)。カーデッキは固定され、積載能力は2000RT、自動車が自走(専用ドライバーによる運転)して倉内に積載できるRO/RO(Roll on/Roll off)方式の採用により、車への損傷がほとんどなく、荷役時間も

●自動車運搬船の誕生

1960年

1960年代前半、在来船での自動車の輸送(図1)



クレーンで自動車を吊り上げて積荷していたために損傷が起きやすかった。

1968年建造、カーバルカーの登場(図2)



往路は自動車を積み、復路はカーデッキを格納して小麦等のバルク貨物を積んだ。

1970年

1970年、日本初の自動車専用船(図3)



カーデッキは固定され、サイドポートを使用したRO/RO方式で自動車を積載した。

(写真提供：川崎汽船(株))

短かった。各カーデッキへは上下層を貫くランプウェイ（斜道）を自走することで移動できる。カーデッキは9層に及び、さながら立体駐車場のよう船が建造されたのである。この時、日本の船会社が命名した「PCC」は現在でも自動車運搬船の一般的な海運用語となっている。

その後、自動車の輸出は大幅に増加したため、PCCは徐々に大型化が進められた。さらに高速化が図られ、大型化とともに効率輸送が追求されていった。

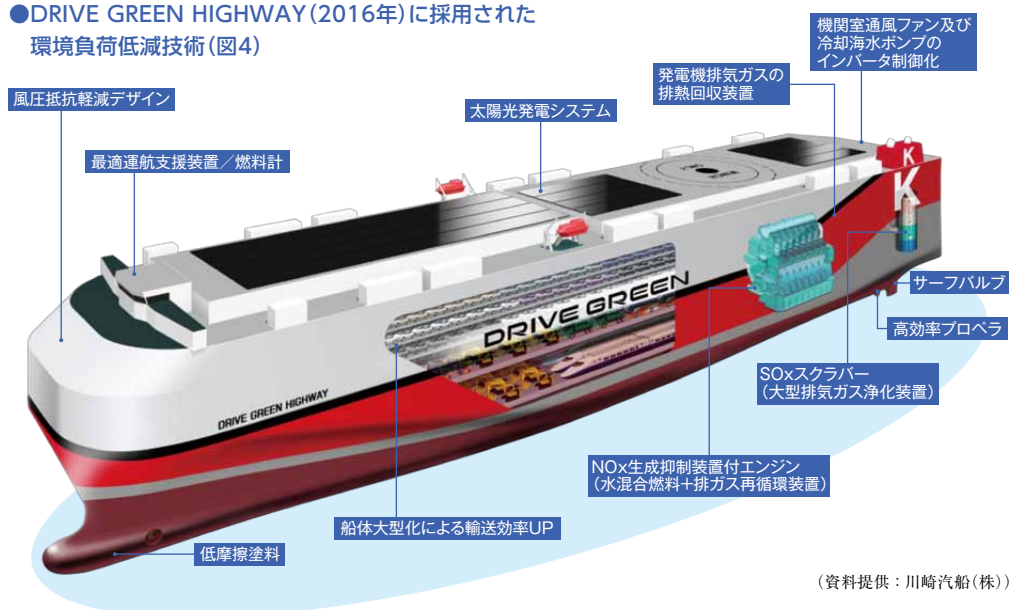
近年の傾向としては、バスやトラック、ミニバン、SUV、建設機械や農業機械などの、背が高かったり重量の大きな車の輸出が増加し、これに柔軟に対応できる自動車運搬船が開発されている。カーデッキの高さを調節できるリフトアップ（昇降式）デッキを装備したり、部分的に強度を高め、重量物を積載できるようにするなど、多様な貨物が輸送できるように進化している。また年々、厳しくなる環境規制に対応し、環境負荷の低減も進められている。

鉄道車両まで運ぶ環境対応型自動車運搬船

最近の自動車運搬船はどのような特長を持つのだろうか。

2016年に就航した「DRIVE GREEN HIGHWAY」は積載能力を向上させながら環境負荷低減を実現し、日本船舶海洋工学会主催の「シップ・オブ・ザ・イヤー2016」大賞を受賞するなど、話題の自動車運搬船である（図4）。同船の総トン数

●DRIVE GREEN HIGHWAY(2016年)に採用された環境負荷低減技術(図4)



(資料提供：川崎汽船(株))

は約7万6,000、全長は日本国内での航行制約を受けない200m未満に抑え、船幅はパナマ運河の拡張に合わせて37.5mと従来の6000RT型より約5m拡張し、積載能力を国内最大級となる7500RTに増やしている。

同船は自動車にとどまらず、大型建設重機や非自走のボート、さらには全長20mを超える新幹線などの鉄道車両まで多様な車両を積載できることが大きな特長となっている。処女航海は、英国から受注した高速鉄道車両を積み欧州へ輸送したために、大きな話題を呼んだ。

また近年、船舶に対する環境規制が強化されているが、同船は環境負荷を大幅に低減したことで注目されている。燃料に水を添加したエマルジョン燃料で駆動する最新型エンジンに排ガス再循環装置や自動ターボ制御装置を組み合わせることで燃焼効率を向上させ、NOxの削減率は80%以上を達成している。

さらに2020年より規制が強化されるSOxについては、SOxスクラバーを採用し、エンジンから排出するガスに海水または清水を吹きかけ除塵・脱硫を行う。航行海域の海水の性状等に影

●乗用車以外の車両の積載(図5)



鉄道車両の輸送



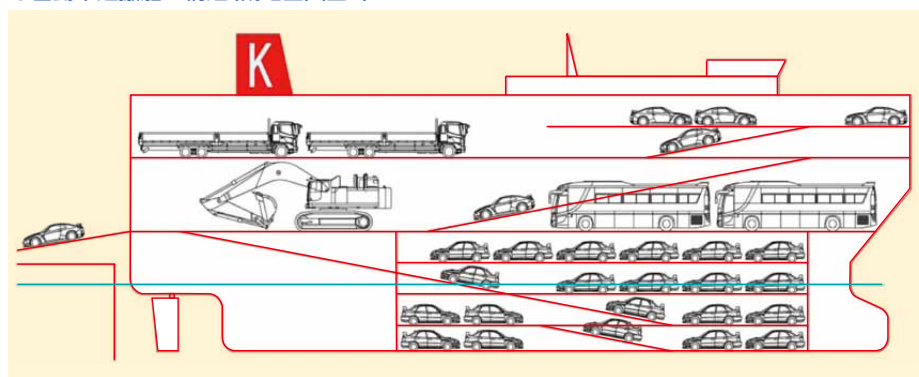
鉱山用大型ダンプトラックの輸送



ボートを牽引して輸送

(写真提供：川崎汽船(株))

●自動車運搬船の構造(概略図)(図6)



積載物にあわせてデッキの高さを調整することができる。

(資料提供：川崎汽船(株))

●建造の様子(図7)



鋼材の加工



カーデッキブロックの溶接

(川崎汽船(株)HPより)



完成したカーデッキ



NOx生成抑制装置付エンジンを搭載

(写真提供：ジャパンマリンユナイテッド(株))

響されることなく、安定した排ガス洗浄性能を発揮し、SO_x削減率は90%を超える。SO_x排出量の低減は、硫黄分の低い燃料を使用するという手段もあるが、コストが高かったり低硫黄燃料の安定供給が不安視されている。一方、スクラバを用いる方法はこれまでの燃料を継続的に使用できるメリットがあり、SO_x排出量規制への対応とコストを両立できる技術として注目されている。この他にも低摩擦塗料や高効率プロペラの採用によって燃費を改善し、既存船対比で自動車1台あたりを輸送する時のCO₂排出量を約25%削減するなど、大きな環境負荷低減を実現している。

多層カーデッキを支える薄い鋼板

同船の構造は、特にその船倉部分に特長がある。自動車という荷物は、いわば鋼板でできた空箱のようなものであるため、重さよりも船倉部分の容積を大きくとることが重要となる。無駄なスペースができると自動車の積載効率が悪くなるため、いかに隙間をなくすかが重要となる。できるだけ柱等を減らし突起物、障害物を最小にしたり、スロープの配置等を最適化している。柱等を低減しながら船体の大型化も進められたため、慎重な船体構造強度の確認がなされた。

同船の船倉内には13層におよぶカーデッキが配置されている。カーデッキは鋼板による軽構造となっており、部分的にカーデッキを昇降させてデッキ間の高さを調節することができ、

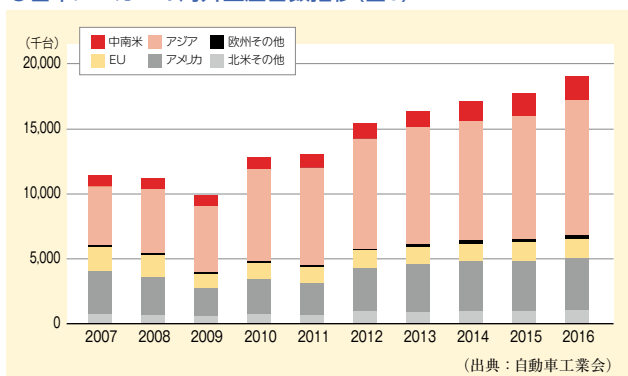
さまざまな高さや大きさの車両が積載可能となっている(図5、6)。積載口を従来から4m拡張して12mとし、鉄道車両等は大型ロールトレイラーに車両を積載して荷役する。

船体には、板厚6～80mmの鉄鋼材料が使用されており、溶接性に優れたTMCP鋼板が多用されている。特に多層のカーデッキは軽量化が求められるため、6mm厚の鋼板が使用されている(重量物を積載するカーデッキは板厚10mm以上の鋼板を使用)。また柱を極力排除した構造であるため、バルクヘッドと呼ばれる船体を横方向に区切る横隔壁が強度保持に重要な役割を果たし、ここには80mm厚の鋼材が使用されている。

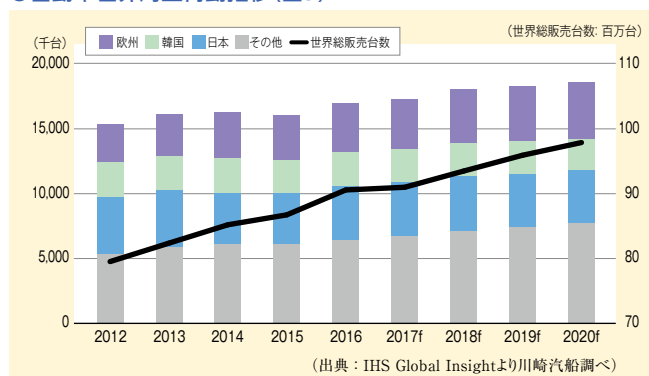
多層のカーデッキは、溶接により鋼板をカーデッキブロックとして組み立てていく(図7)。通常の船舶においては10mm以下の鋼板を用いることはほとんどないが、自動車運搬船のカーデッキは板厚が6mm程度と薄く、大きな歪が発生しやすい。溶接変形が一定の範囲を超えた場合、歪取りが必要となるが、この作業には多くの時間と人手を要す。時には組み立ての施工時間以上に歪取りの工数がかかる場合もある。その原因は溶接残留応力に起因する座屈変形等が考えられ、溶接残留応力の適切な予測と、座屈変形を回避する溶接方法等が行われている。

また、同船は特に船首部が流線形の形状をしているのが特徴的である。自動車運搬船は、海に浮かぶ立体駐車場のような形状のため、通常の船に比べて高さが高く、喫水線に大きな船体部を持つため風の抵抗を受けやすい。そのため

●日本メーカーの海外生産台数推移(図8)



●自動車世界海上荷動推移(図9)



●自動車の積み付け方法(図10)



会社によっては世界中の自動車メーカーと取引し、空の状態での航行をいかに短くするか、消席率の向上を目指し、輸送ルート最適化を図っている。さながら鉄道ダイヤのような複雑な配船表が海運会社には存在するという。

例えば大型の自動車運搬船の船倉内では、さまざまな港から積まれた異なる国々の新車が並ぶということもよくあることである。そのため積載、荷揚げがスムーズにできるよう、自動車は寄港順に船内にレイアウトされる。

自動車の積み付けは、専用ドライ

バーによって船内を自走し、車間距離が前後30cm、左右10cmの間隔で駐車され、ベルトで固定される(図10)。港によっては常駐するドライバーの運転技術にバラつきがあるため、荷役時に自動車に傷がつくなど損傷が起こるリスクがある。そのため損傷の防止を目指し、全世界の荷役会社等への指導を徹底してダメージゼロを目指している。

最近の自動車運搬船は、さまざまな国の多様な車両を効率的に輸送するため、最適な船体構造の設計が行われているが、その運用においても、輸送ルートの最適化や消席率の向上など、輸送技術に高い専門性やノウハウが求められる。近年、コンテナ船やばら積み貨物船等の市況が低迷するなか、自動車運搬船の分野で日本は強みを持つ。最近では日本の鉄道車両の輸出拡大が期待されているが、車両の輸送についても引き合いが増えているという。多くのノウハウと技術が詰め込まれた日本の自動車運搬船は、世界の物流が大きく変わるなか、状況変化に柔軟に対応し、その強みを発揮しているのである。

船首部の形状を斜めに最適化することで、船首形状が直線形状だったときに比べ、風による抵抗を20%軽減している。また自動車運搬船は重心が高いため船底のバラストタンクを大きくとり安定性を保つ必要があるが、同船は船幅を拡張したために安定性が確保でき、バラストタンクの容量を小さく抑えることができた。船舶の形状は燃費効率に大きく関わるため、各社、工夫をこらしており、その形状はノウハウの塊となっている。

効率的な自動車物流を支えるノウハウの数々

かつて、自動車運搬船は日本で自動車を積み、北米の港で荷揚げした後、空の状態で帰路につくという一方通行の物流であった。しかし現在においては、自動車の生産地と消費地は世界中に広がり、日本や韓国から欧州や北米への輸送ルートに加えて、メキシコから北米向け、南アフリカから欧州向け、インドからメキシコ・欧州向け、欧州・中国生産車の輸出や、日本メーカーの海外生産も拡大している(図8)。自動車を積載する港と荷揚げする港が複雑に入り組み、輸送ルートは多様化している。世界の自動車の海上荷動は徐々に増えており(図9)、海運

●取材協力 川崎汽船(株)、ジャパンマリンユナイテッド(株)
●文 藤井美穂