

随 想

代替試験法の一傑作  
-耐火救命艇の場合-

翁 長 一 彦\*

船舶に万一のことが生じた場合に頼りにされるものが救命艇である。近頃は膨張式救命いかだが普及してきたため、内航のフェリー等では救命艇はあまり見掛けなくなつたが、外航の貨物船や豪華客船にはすべて救命艇が装備されている。この救命艇は以前は木製であつたが、やがて鋼製、アルミ製となり、現在は強化プラスチック製となつている。正式には、ガラス繊維強化プラスチック (FRP) と呼ばれるもので、熱硬化性のポリエステル樹脂が主成分であり、量産に適し、また艇体表面を極めて滑らかに仕上げることができる。この表面の滑らかさは、後に述べるように耐火救命艇にとつてたいへん有利な条件となる。

一方、タンカーの経済性向上と建造技術の進歩とからタンカーの大型化が進み、遂に 50 万重量 t のものすら現れた。このタンカーの大型化により、事故が生じた時の災害規模も大型化したことは歪めないようである。特に、昭和 37 年に京浜運河で発生したケラルド・プロビグ号と第一宗像丸の衝突事故や、昭和 49 年に東京湾で発生した第拾雄洋丸とパシフィック・アレス号の衝突事故は、災害規模が予想以上に大きくなつたことや、人々の目の前で起こつた事故として記憶に新しいものであろう。諸外国においても、予想外の静電気等によりタンカーの爆発事故が生じ、各種の安全設備の強化が計られた。

タンカー用の耐火救命艇もその一つであり、1974 年に作成された海上人命安全条約改正案にはその要件と試験法が採り上げられた。耐火性の要件は油海面火災の中を 6 ノットの速度で航走し、8 分間の耐火性を保持できることであり、救命艇を浮かべた水槽で油火災を起こして耐火性を判定するという試験法が提案された。

実際の事故の場合にもこの要件が常に当てはまるか、という疑問は別にあるとしても、この耐火性試験法は極めて即物的なものであり、耐火救命艇というものを初めて開発試作したときに行う試験と何ら変わらないように思われる。一般論として、事故や災害には予想しなかつたことが起こるとはいえ、通常はそれらの規模や過程を想定して対策や要件を定めざるを得ず、その想定条件の下に試験された性能は一種の代替性能である。実際に災害や海難に遭遇したときに、救命設備の代替性能の範囲

内で艇を操船することができるか否かが操船者の技術であり、経験と訓練とで得られるノウハウであろう。

一方、代替性能を証明する方法、すなわち具体的な試験方法を検討することは技術者や研究者の本来の仕事である。このためには、できるだけ精確に、容易に、また当然再現性のよい試験データが得られるような方法が模索される。

ところで、このような耐火性要件を技術的に解決する方法は、たとえば最も簡単な水で艇体を冷却することである。海水は救命艇の周りに無尽蔵にあり利用できる。現在の大型船舶の救命艇はほとんどがエンジン付きであり、また昔のような開放型は少なくなつてキャノピを有する閉型となりつつあるため、エンジン駆動によるポンプと散水装置で艇体を冷却すればよい。すでに条約改正案の発効以前から、このような構造設備をもつたタンカー用耐火救命艇がつくられ、実際にそれを装備しているタンカーが多い。

各国ともこのタンカー用耐火救命艇の開発のためには何度も油火災実験を行つてきたが、わが国では実施場所の選定が難しく、煙公害対策や地方自治体始め周辺住民への説得、実験後の油汚水処理、等が極めて困難であつた。試験に要する経費ももちろん相当な額に上る。これだけの苦勞をかけて行う実物救命艇の油火災試験により、得られる耐火性の内容はといえば、艇体材料の温度、艇内気温、艇体材料から加熱により発生するガス、及び艇体材料の加熱による強度変化、等である。これ以外にもハッチの気密性、エンジンやポンプ、及び内蔵する空気ポンプと吸気系統の信頼性や作動性の問題があるが、これらは何も火災試験を行わずとも試験できる項目である。そして前者の温度に関係する事項は、すべて冷却用散水量で大きく左右される非定常伝熱の問題に起因する。

すなわち、救命艇の耐火性能を分類すれば、加熱に起因する事項と、気密性と酸素量保持の機能に関する事項に大別でき、前者の問題は一義的に散水能力に支配され、後者の問題は火災試験と切り離して実証する手段がある、ということとなる。言い換えれば、膨大な労力と経費とをかけずとも、散水装置の冷却能力を試験する代替方法 (シミュレーションの技術) により油火災試験に替えることが可能はずである。

タンカー用の FRP 製耐火救命艇の表面は極めて滑らかであり、散水装置からスプレイされる水は綺麗な被膜となつて艇体表面を流下する。艇体上の突起物の周囲では、水流が波紋状を呈するがその形状は定常的であつて、水膜の厚さが最も薄い個所は明確に識別できる。散水装置のスプレイノズルの近傍では水膜の他に噴霧状の水膜に覆われる部分もあるが、この噴霧の冷却効果は安全側として無視してもよさそうで、これらの水滴は、1

\* 船舶技術研究所

mも飛散する前に艇体上を流下する水膜に捉えられてしまう。これらの観察事項から、散水装置の冷却能力は艇体表面の流下水膜の厚さで判定できる、との推測が導き出された。

このため、FRPの平板表面に流下水膜をつくり、それを加熱するという基礎的実験、救命艇の約1/2縮尺部分模型の油火災実験、焼損したFRP板の強度試験、実物救命艇の散水々膜測定実験、これらをまとめた伝熱計算、という系統的研究が行われた。また、水膜厚さの測定に関して実用的な計測器を試作することも行われた。そして、これらの研究結果として、8分間の耐火性を保持するための水膜の厚さは0.6mm以上と判断された。

国際的な海上人命安全条約を審議する場は国連の一機関である国際海事機関(IMO)であり、この場では我々の研究グループが提案した代替試験法は「水膜法」という慣称で有名となつた。写真の油火災実験はIMOにこの方法を最終的に納得させるために行われた実験状況(昭和58年9月)の一部である。わずか10分足らずの火災実験でありながら、この種の実験の責任者の心労はたいへんなものであつて、油の燃焼時間を左右する油散布量の決定、実験当日の天候や風向を考慮した着火時期と着火地点の決定、秒刻みのスケジュールの推進、等を行わなければならない。油面に着火した後は全くなりゆきに任せざるを得ず、たちまち猛烈な火炎と黒煙に艇は包まれ、沸騰して燃焼する爆音は物凄く、例えいかに冷却を施したとしても中の救命艇が無事だとは普通は思われないほどである。ところが油が燃え尽きて、火炎と黒煙が収まつて来ると何事もなかつたようにほとんど変わらない艇が現われて来てホッとする。

このようなダイナミックな実験と、艇体表面で最も薄いと見られる箇所の水膜厚さを計測していずれもが0.6mmあればよい、とする水膜法とが耐火性能上全く同等であることを証明するまでには多くの苦労があつた。冷却用水膜を透過する伝熱は非定常状態にあり、伝熱量や艇体材料の温度は艇体のFRPの厚さにも関係する。さらに、具体的な場合を想定すると、艇の動揺や風によつて流下水膜の厚さも変化し、ある程度水膜が薄くなる時間が生じると、FRP表面に焼損による粗面が生じる。この粗面には水流がなじみ難くなつてやがて写真に見られるような炭化面が現れる。これらの温度影響による艇体材料の強度低下や、艇体内面から発生するガスが無視しうる範囲内であることを考慮して前記の水膜最小厚さが決定されたものである。

船舶の艦装とは、船体と機関の上に諸種の設備を施して運航の用途に適するようにすることである。設備の種類と数は無数といつてよいほどに多いが、それらの目的



「水膜法」を実証したタンカー用耐火救命艇の油火災実験

(上) 実験開始時 (中) 実験中 (下) 終了後

は船舶に海上輸送機関としての生命を与えることに集約される。しかし、海上の自然の力は時として人の予想を越えた現象を生じ、船の救命設備の性能向上の余地はまだある。従つて海難の想定条件をさらに実態に近づけると共に、その限定された性能要件を精確容易に判定できる技術の開発もまた必要である。船の艦装に関する研究は、外面的には旧態依然としたハードウェアに集約されることが多いが、内面的にはソフトウェアの高度な応用がないと進歩改良できない分野が極めて大きい。

編集委員会からの依頼により、救命艇耐火性の代替試験として国際的にも認知されることになつた我々の「水膜法」を紹介した。鉄鋼材料分野においても使用上の実際性能について様々の試験法が要求され、またそれらの現状に対してたえず検討・改良を加える努力が続けられていると聞いている。これらの方々に、本稿がいささか

なりとも参考になることがあれば、筆者の望外の喜びである。

#### 文 献

- 1) 長田 修, 大中幹夫, 宮田 修: 船舶技術研究所報告, 16 (1979), p. 113
- 2) O. NAGATA: Heat Transmission into FRP

Fireproof Lifeboat in Fire on the Sea Surface, International Conference on Marine Survival Craft, RINA (1983) Nov.

- 3) 翁長一彦: 海上における人命の安全について-救命設備の性能に関するシミュレーションの手法, 船舶技術研究所 20 周年記念特別講演会 (昭和 58 年 11 月)