

## 飛行船と洋上航空の過去・現在・未来

渡 邊 裕 之

### 1. 「ヒンデンブルク号」の光と影

飛行船は、史上最も早く渡洋可能な航空機として実用的商業飛行を確立した空の乗り物である。前世紀前半には、飛行機に先じて大西洋定期横断航路に就航していた。1936年に建造された大型硬式飛行客船 LZ 129 「ヒンデンブルク号」は、全長 247.2 m、最大直径 41.2 m、19 万 m<sup>3</sup> の容積により 60 トンの積載浮力を有した（写真—1）。乗員乗客合わせて百名が乗込み、速力は 73 kt (135 km/h) で航続距離は 13,500 km (125 km/h にて) に達した。これは現代のジャンボ旅客機の航続距離に匹敵し、速度を落とせば無着陸無補給で 5~6 日間の連続飛行・滞空性能があった。

乗客用の船室は 2 段ベッドで洗面台がついた個室が 25 室あり、他に喫煙室兼バーやシャワールーム、トイレも完備していた。乗客はダイニングルーム（写真—2）でフルコースのディナーをスチュワードの供食で堪能しつつ、反対舷にあるゆったりとしたラウンジ（写真—3）ではカードゲームやアルミニウム製のグランドピアノの演奏を楽しみ（写真—4）、別区画にある読書室では手紙を書いたり、読書を楽しんだりしていた。両舷とも大きな窓が開けたプロムナードデッキが通っており、歩きながら陸海空の絶景を楽しむことができた。「ヒンデンブルク号」のギャレー（調理室）

はおそらく世界初のオール電化キッチンであり、コックが 3 食を調理していたのである。

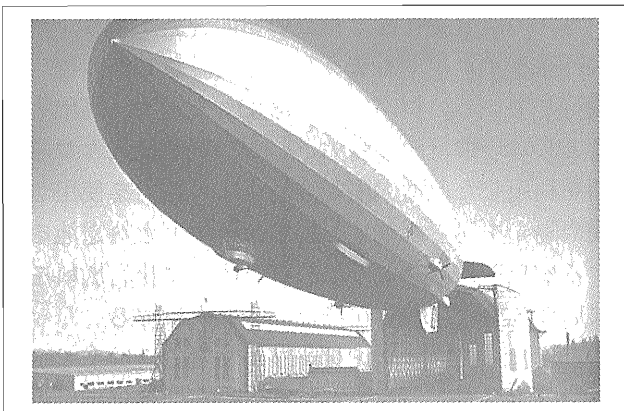
こうした空の旅を満喫しつつ、現代でも海上の客船では 5 日間かかる大西洋横断を、2 日と 6 時間で翔破し、ドイツのフランクフルトとアメリカのニュージャージーまたは南米リオデジャネイロを結んでいた。残念ながら後述する炎上事故により、たった 1 年余しか就



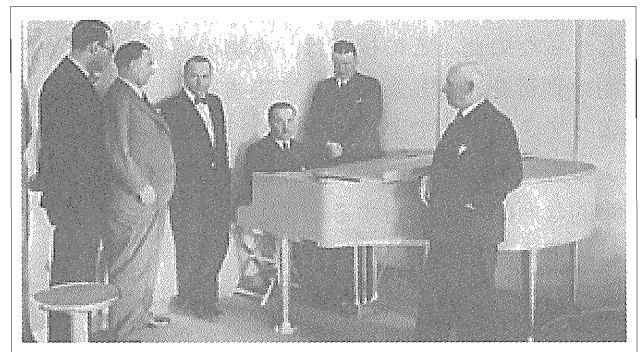
写真—2 船内ダイニングルーム（実寸大に復元したもののツェッペリン博物館展示より）



写真—3 ヒンデンブルク号船内ラウンジ（実寸大に復元したものの）



写真—1 LZ 129 ヒンデンブルク号



写真—4 ヒンデンブルク号のグランドピアノ（実写）

航できなかつたのだが、この間に達成した飛行回数は実に56回、延べ飛行距離は34万kmに達していた。

1937年5月6日、57回目の飛行で折からの雷雨の中をくぐり抜け、ニュージャージー州のレークハースト米海軍飛行船基地に近づいてきた「ヒンデンプルク号」は、半乾きの濡れそぼった船体にかなりの静電気を帯電していた。雨も上がり着陸準備のため投下した、これもまた濡れた太いマニラロープのヨーライン（繫留索）が地上に接地した瞬間、いわゆるアースの要領で船体に溜まっていた静電気が一気に地面に流れたのだ。

1993年にNASAの水素の専門家であるアジソン・ベイン氏が、長年の研究の末に突き止めたところでは、ヒンデンプルク号に塗装されていた銀色塗料に問題があった。

当時の飛行船は太陽光・熱による浮揚ガスの温度変化・ガス膨張がもたらす浮力などの変化を極力抑えるため、最も光の反射率が高い（90%以上）銀色塗料を、外皮膜であるズック（帆布）に塗っていたが、その成分に粉末アルミニウムと酸化鉄が含まれていたのである。実はこの組み合わせは現代ではロケットの推進剤に使われるくらい発火性の高いものであるが、当時の科学知識ではまだ十分知られていなかったのである。

同じ1937年といえば、帝國海軍の軍用機でもまだ羽布張りが第一線で使用されていた時代であり、ようやく全金属製の九六艦戦が配備されはじめた年でもある。まだプラスチックも高分子化合物でできた合成繊維も発明されていないこの時代、ガス気嚢（袋）は牛の盲腸の皮（ゴールドビーターズスキン）でできており、エンベロープ（外被膜）は木綿の帆布製であった。忘れてならないのは、「ヒンデンプルク号」はこの時代の技術と素材の産物であったということである。

雷雨で濡れていたために静電気が通電したパネル状の外皮膜と、一部乾いていて絶縁状態となった外被膜とが交互となっていた箇所が生じていたため、スパークが飛び、これが上述の発火性の強い塗料に引火、その火がガス気嚢の中の水素に燃え移って船体が炎上してしまったのだ。この様子は、大勢の賓客を乗せた飛行船の到着を報道しようとして集まっていたマスコミによって、ラジオで実況中継され、またニュース映画による撮影が繰返し全世界の映画館で放映されたため、決定的な悪印象を流布する結果となり、今日まで我々飛行船屋を苦しめている。

もうひとつの炎上原因である水素ガスに関しては、実はこの「ヒンデンプルク号」はヘリウムガス使用を前提に設計・建造されたのだが、米政府は1927年に

ヘリウムを戦略物資に指定し、折しも台頭したヒットラーを警戒して、ナチスドイツへのヘリウムの輸出を認めなかったのである。「ヒンデンプルク号」はこうした国際情勢から、やむをえず水素を使用していた。そのため予定より総浮力が増加し、前述したグランドピアノが搭載されたというエピソードがある。アメリカはこの事故直後にドイツへのヘリウムの輸出を解禁したが、事すでに遅しとなった。

「水兵リーベ僕の船～」でお馴染みの元素周期表のとおり、ヘリウムは $1\text{ m}^3$ あたり約 $1.05\text{ kg}$ の水素に次ぐ浮力があり、不燃性で毒性もない極めて安定した気体であるが、アメリカなど世界的に限られた天然ガス田から採取・精製される。今でもアメリカが主産地でドイツでは採れないが、近年超伝導体の冷媒などを始め宇宙や医療の分野でも使われるようになり、ようやくロシアなどでも精製されている。

もっともこの事件以来、水素ガスが必要以上に悪者にされてしまったきらいがある。水素は $1\text{ m}^3$ あたり約 $1.1\text{ kg}$ の浮力を持ち、可燃性ではあるがヘリウムよりはるかに安価である。前述のNASAのベイン氏も水素の専門家として、取扱いを間違わない限り、水素はそんなに危険なものではないということから、「ヒンデンプルク号」炎上の研究を始めだしたという。これから燃料電池車が主流になるのならば、街中に水素ガスステーションが林立することになるであろうし、飛行船もこの事件の余波で、現在はヘリウムガスしか使えない法規となっているが、例えば二重構造にして外層はヘリウムとし、内層に水素ガスを使うアイデアなども出されている。

ガスといえば、「ヒンデンプルク号」には燃料として当時ブラウガスと呼ばれた、現在でいうLPガスが使用されていた。ちょうど空気と同比重となるように調整されており、 $1,200$ 馬力のディーゼルエンジン4基を回して消費しても船体重量が軽くなるようになっていたのである。ちなみに飛行船の浮力は燃料消費やガスの温度変化など複数の可変要素があり、現代の飛行船パイロットもこうした浮力計算を常時行いつつ飛行している。将来的に、あまり大馬力、高出力を必要としない飛行船の動力として、昼間は大きな船体上面を利用した薄型太陽電池パネルの電力を使用し、夜間や陽光を得られない天候では再生型燃料電池を使用する構想もあり、こうすれば究極的に化石燃料を使わない渡洋型航空機も可能ということになる。

ところで、この「ヒンデンプルク号」の炎上・墜落は当時の航空界での大惨事であったが、実は乗員乗客97名のうち62名が生存しており、現代の航空機事故

と比較すると、64%という高い生存率はむしろ驚きでもある。しかも死因の大半は火傷であり、あれだけ燃えながらも墜落自体の速度が遅かったためにかなりの人が生き残ったのだ。もとより現代のような不燃性の材料を用いてしかもヘリウムガスを使用していればこのような炎上は起こりえない。

当時の飛行機はまだ大勢が乗れる代物ではなかったために、多数が搭乗できたゆえの飛行船の犠牲者数は極めてインパクトのあるものとなったのだが、500名を超える犠牲者が一遍に出る現代ジェット旅客機の墜落事故と対比すれば、静的浮力を持つ飛行船は地上激突型の墜落はありえず、むしろ死者を出しにくい面があるのである。某国のミサイルで直撃されたらさすがにバラバラになってしまうだろうが、それはジェット機でも同じであろう。「ヒンデンプルク号」は、船体内が各区画に分かれており、中のガス気嚢が16個あったので、ひとつふたつが損傷してもすべての浮力が失われないようになっていた。

また、現代の飛行船は内気圧が1.04程度であり外気圧との差が極めて少なく、もし直径30cm位の大穴があいてもヘリウムガスが抜けきるまでに8時間以上かかる。通常のフライトは1日6時間程度であるので、何かの事故が起こっても十分に基地まで戻ることが可能である。またもしエンジンがすべて停止するような事態になった場合も、自由気球の要領により水バラストの水を放出したり、ヘリウムガスを放出したりすることで浮力の調節をしつつ安全な場所に不時着することもできる。なお放出した水も霧状となるので地上に被害はもたらさない。

もちろん人間が造る機械に絶対はない。スペースシャトルでもジェット機でも飛行船でも故障や不具合は発生しうる。しかしこうした緊急事態となっても人命を損なわずに地上に生還できる確率の最も高い航空機は飛行船であると言える。

## 2. 米海軍飛行船隊の活躍

第一次世界大戦の戦時賠償の一環としてドイツから飛行船技術を得たアメリカは、1919年から硬式飛行船の整備に着手し、1923年にツェッペリン社のL49と英国のR33を基礎としてZR1シェナンドア号（「星の娘」の意味）を米国で建造、運用を開始した。これに先立ち1921年に第二船ZR2が英国でR38として建造されたが、引渡し前の試験飛行で喪失してしまった。第三船ZR3は1924年ツェッペリン社においてLZ126として建造された後、大西洋を横断して

米海軍に引渡されロサンゼルス号として就役、その間解体されるまで一度も大きな損傷はなく、飛行時間4,350時間、野外繫留時間2,080時間、飛行回数339回、飛行距離200,000マイルを達成した優秀船であった。そして1926年から1931年にかけてZRS4アクロン号をアメリカのグッドイヤー・ツェッペリン・コーポレーションで設計建造、さらに1933年ほぼ同型のZRS5メイコン号が就役した。この2隻は複葉戦闘機カーチスF9Cスパローホーク6機を搭載、空中発進、空中収容が可能な空中空母の機能をもつ長距離洋上哨戒を任務とした硬式飛行船であった。実際に戦闘機が発進し、収容されるシーンの映像フィルムも残っている。

アメリカは当然燃えないヘリウムガスを使用していたが、その反面高価なヘリウムガスを安易に空中放出しないような設計になっていたことが裏目に出て、急激な上昇気流で高度が上がった際のガス放出による気嚢内圧調整がうまくゆかないなどの欠点があった。これにより1925年9月にシェナンドア号が失われた。

また、戦略的な運用を本来すべきという飛行船隊の意見を軽視した司令部の命令で悪天候の中に突入させられるなどの戦術的運用も災いし、結果的にはアクロン号は1933年4月、73回目の演習出動で暴風雨のなか喪失した。同号の総飛行時間は1,695.8時間であった。メイコン号は1935年2月に演習中暴風雨に遭遇し応急修理で飛行していた船尾部の骨組みの損傷が命取りとなり、海上に不時着して喪失してしまった。残ったロサンゼルス号はもはや飛ぶことはなく、前述したヒンデンプルク号の炎上もあり、1939年の末に解体命令が出て、アメリカの硬式飛行船は幕を閉じたのである。

結局1920～30年代の素材、エンジン、技術では、こうした巨体を運用する十分な船体強度と推進力を得られず、機敏な運動性や操縦性に欠けていた。また当時の航空気象情報も極めて限られ、天測に頼る運用技術上の制約もあり、加えて前述のとおり当時の米司令部が荒天時演習に戦術上無理に突入させたことも災いし、結局喪失を重ねてしまった。

しかしその後米海軍は、グッドイヤー社製軟式飛行船に主軸を切替え、飛行船隊は第二次大戦中、対潜哨戒や船団護衛など主に大西洋方面で活躍、哨戒飛行実施海域は約1千万平方キロ、護衛した艦船は8万9千隻以上にのぼり、終戦時には飛行船168隻を保有していた。第二次大戦後も飛行船隊は存続し哨戒任務に従事していたが、1959年から1962年にかけて米海軍が新たに4隻就役させたのがヘリウムガス容量4万3千

m<sup>3</sup> の ZPG-3 W 型軟式飛行船である。全長 131 m、直径 25 m で、乗組員 30 名を乗せ、時速 100 km で約 240 時間（10 日間）飛び続けることができた。実際に 264 時間 14 分（丸 11 日間）の無補給、無着陸の連続飛行記録がある。もちろん船内には居住設備があり艦船のように当直交代しながら運航する体制であった。この飛行船は巨大なエンベロープ内に大型レーダアンテナを装備し、主に北極圏を越えて侵入してくることが想定されたソ連の爆撃機に対し早期警戒の任務を負っていた。しかし、地上のレーダ探知能力が向上し、ロッキード哨戒機との組み合わせによる早期警戒システムに取って替われ、ついに 1962 年に米海軍飛行船隊は解散させられることとなった。飛行船隊全体として常時 87% の出勤率という好成績を残していたにもかかわらずである。そして同隊解散後は、軟式飛行船は主に欧米で宣伝広告やテレビ中継などに用いられて僅かに生き延びてきた。

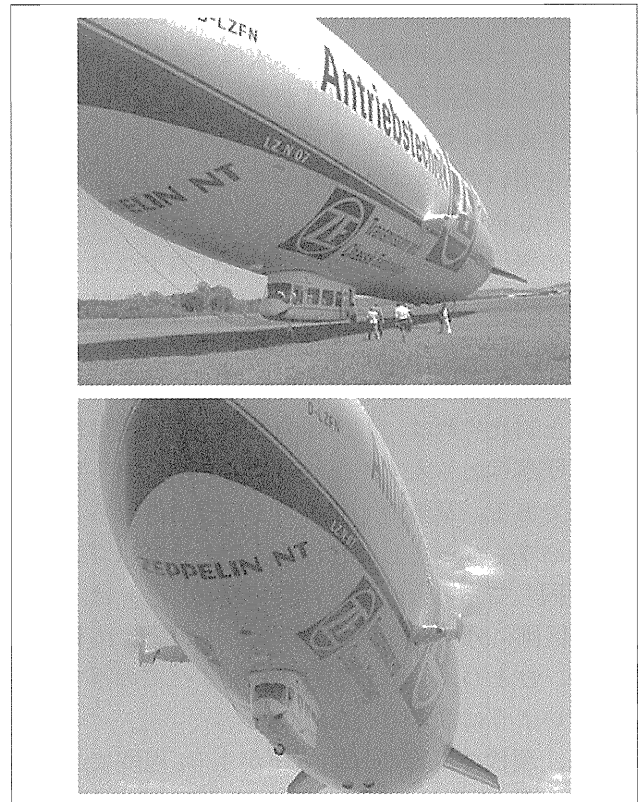
飛行船は構造上数種類に分けられ、軟式（骨組み構造を持たない）、半硬式（下半分のみ骨組みを持つ）または準硬式（全体に骨組みを持つが、ガス気嚢が外皮膜と分離していない）、硬式（全体に骨組みを持ち、船体内部に独立したガス気嚢と乗員・乗客区画などを持つ）がある。これ以外にいわゆる蟹の甲羅のような、新素材による甲殻構造を持つソフトシェル・タイプの飛行船も考究されている。飛行船技術の根幹が浮揚ガスの容積と自重の差である浮力の活用にある以上、小型飛行船は軟式、中型は半硬式または準硬式、そして大型は硬式が有利となる。

本来飛行船は、大型化すればするほど自重の増加より容積の増加が上回るため浮力の増加率が大きくなり、表面積の割に容積が大きいことが有利となるのである。その意味で大型硬式飛行船こそが飛行船技術の頂点に位置するのだが、「ヒンデンブルク号」が終焉を迎えて半世紀以上、特にスピード最優先の 20 世紀的な時代思潮の中で大型硬式飛行船は忘却の彼方に置かれてきたのであった。

### 3. ツェッペリン NT 号の復活と新事業分野

ところが 1993 年ツェッペリン飛行船技術会社が復活した。同社は新型準硬式飛行船ツェッペリン NT（ニューテクノロジー）号の開発に着手し、21 世紀を迎えた 2001 年 8 月から商業観光遊覧飛行を開始した（写真—5）。

2006 年 6 月時点で既に 6 万人以上の遊覧飛行客を無事故で乗せ、先行き 1 万人の予約客を抱えている。



写真—5 新型準硬式飛行船ツェッペリン NT 号

この飛行船は内部にカーボンファイバー製の骨組み構造を持ち、可動チルト式の 200 馬力の航空用エンジン（ライカミング IO-360）とプロペラを船体中央部に 2 基、船尾部に 1 基（プロペラは 2 組）の計 3 基を装備、新素材の合成繊維で軽量かつ強靱なエンベロープ（外皮膜）を構成している。従来の軟式飛行船は、地上に降りてしまえば自己制御能力はほとんどなく、15 名程度のグランドクルーが人力でもってマストまでの飛行船の移動を行ってきたが、このツェッペリン NT は自力で地上での運用制御が可能となり、3～5 名程度のグランドクルーの誘導作業でマスト係留が可能となった。

人件費を鑑みればこの離着陸・係留システムの省力化は画期的な技術革新であり、今後更なる地上支援システムの自動化、省力化こそ、運用風速限界などを改善し課題たる飛行船の定時運航性能向上の鍵である。もっともツェッペリン NT は実用上風速毎秒 10 m 位まで（但し燃料補給時は 7 m まで）は運用可能であり、これは実はヘリコプターや小型飛行機の運用とほとんど大差がない。既存の軟式飛行船でも風速 10 m 近くまでは運用しており、年間飛行時間は 1 千時間に達している。ヘリコプターや小型飛行機は通常年間数百時間しか飛ばないことを鑑みれば、現用の飛行船でもかなりの運用実績があることは一般的には知られていない。しかしさしものツェッペリン社といえども、

六十数年振りに建造を再開した第一号は、全長 75 m で乗員 2 名、乗客最大 12 名（通常 8 名程度）、最高時速 125 km、巡航時速 80 km で最大航続距離は 900 km（通常運用最大 600 km 程度）と、硬式飛行船としては小振りのものであり、かつての全長 245 m、航続距離 1 万数千キロで百名乗りのヒンデンプルク級にはまだまだ及ばない。こうしたことから同社は将来の後継新型飛行船としてまずは 19 名乗りの大型化の設計は完了しており、さらなる大型化の構想を持っている。

さて、このツェッペリン NT 号の登場を契機とし、あらためて今後の飛行船事業分野を概観すると次のようになる。

- ① 広告媒体
- ② 資源探査・気象観測・航空測量
- ③ 環境・気象観測
- ④ 警備・パトロール・救助活動
- ⑤ コミュータ
- ⑥ 災害救助・通信中継
- ⑦ 貨物輸送
- ⑧ 観光遊覧飛行
- ⑨ 飛行客船によるクルーズ

飛行船は広告広報はもとより航空測量、観測、電波中継作業や、不審船、小型潜航艇の洋上哨戒や密入国、密輸の監視などに、その長時間の滞空性能と長大な航続距離、低空での連続低速追尾性能を十分活用できる。また長大な滑走路が不要な飛行船は、陸上に限らず将来的に浮体構造の飛行船水上基地やウオータフロント周辺を利用した運用も可能である。一方、国際的輸送システムの観点からは、船と飛行機の間空白の事業領域が眠っており、例えば太平洋を横断するのに、ジェット機が半日、船舶が 10 日、これに対して飛行船は 3 日となり、船より早くジェット機より安く運べ、しかも内陸の一拠点まで直接空輸することが可能である。

飛行船はアルキメデスの原理により、ヘリウムなど浮揚ガスの自然な力でかなりの静的浮力を得て空を飛ぶことができ、燃料消費は前進力のみによりかなりを振り向けられるので、少ない化石燃料消費で渡洋可能な実用的航空機である。騒音や二酸化炭素排出も少なく、つまり環境に負担が少ない自然環境調和型技術の象徴的存在であり、この意味で 21 世紀型新産業の旗手たりうる。また、経済的にも運航費に占める燃料費を減減させることから、総体的に運航コストを下げる事が可能であり、今後地上離着陸支援システムの開発を行えば、これから日本各地に出来上がってくる地方空港を活用した地方間コミュニティとしての事業展開も十

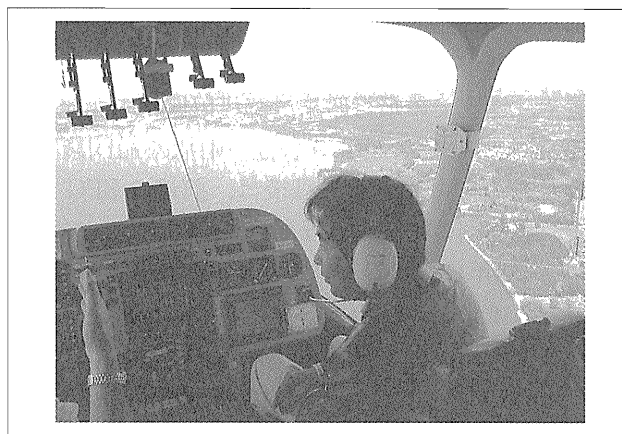


写真-6 ツェッペリン NT 号コックピットにて（運転席の筆者）

分考えられる。

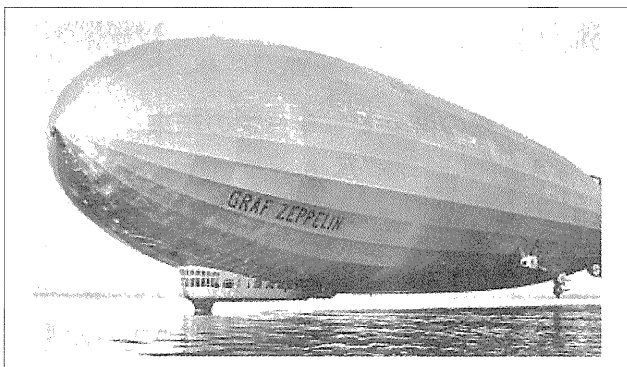
特に地震国である我が国では、大震災に備え飛行船により、長時間の滞空性能（通常運用上は 8 時間が最大だが、性能的には最長 24 時間連続可）を活かし、被災地上空からのライブ映像や 3 次元映像情報の収集と送信、空中管制または情報ステーションとして地上の災害対策本部と連動、人命救助やライフラインの早期復旧に役立てることができよう。また携帯電話の臨時中継機器を飛行船に乗せて被災地上空に長時間滞空させることで、携帯電話の中継局倒壊や利用集中による不通状態を改善・復旧させ、閉じ込められている人命を救助できるし、平常時の交通状況監視や、火災発生時、犯罪発生時などの公共協力に寄与することも考えられる。現在、日本飛行船では、情報通信研究機構（NICT）や、アジア航測と共同でこうした防災飛行船の検討を行っている。

#### 4. 飛行船の洋上ミッションの未来

米海軍は、1924 年より飛行船用の本格的な大型繫留マストを装備した飛行船母艦パトカ（排水量 16,765 トン）を運用し、前述の硬式飛行船 ZR 1 シェナンドア号や軟式飛行船の洋上補給を実施した。また、1928 年には米海軍で最も成功した硬式飛行船、ツェッペリン社製の ZR 3 ロサンゼルス号が空母サラトガに着艦し、洋上補給後発艦するという快挙も成し遂げた。1931 年にはこのロサンゼルス号が、レークハースト米海軍飛行船基地を 27 日間も離れ、飛行船母艦パトカのマストに繫留して洋上補給を受けつつ、キューバ近海で 3 週間、実に 14,000 マイルの洋上飛行を実施している。こうした実績を積重ね、軟式飛行船に主力を切替えた後の第二次世界大戦中は、太平洋、大西洋の北米沿岸はもとより、遠くアラスカ沖から東は地中海に至るまで、常時パトロール海域は 300 万平方マイ

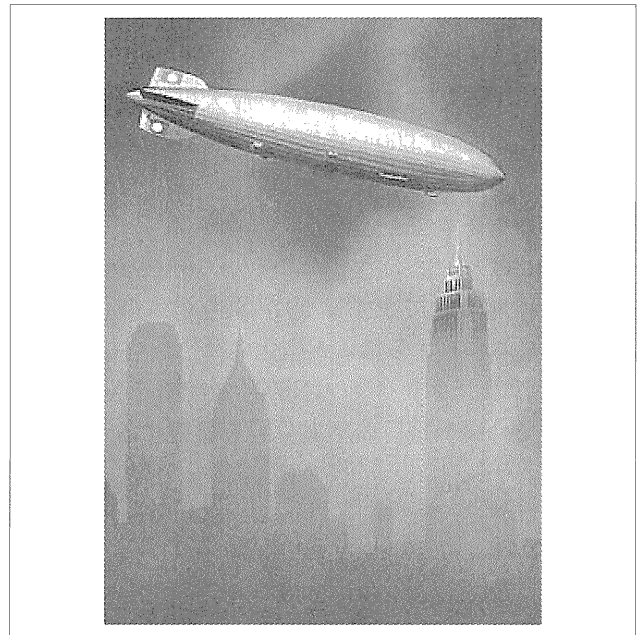
ルに及んだ。この間駆逐艦からの洋上補給も実施し、巡航速度で低空飛行中に海水をバラストとして吸上げる装置や、洋上での飛行船乗員交代用機材の開発などが進み、Uボートなど敵潜水艦の哨戒や船団護衛に大活躍したのである。また戦後は、前述のZPG型飛行船で、北極圏の哨戒飛行任務にも従事している。ちなみに1926年にアムンゼンが北極海横断飛行に成功したのも、イタリア製のノビレ式半硬式飛行船ノルゲ号（全長106m、有効搭載量8ton、750hp、最大時速100km）であった。こうした飛行船の洋上飛行作戦の実例を踏まえ、今後飛行船の復活とともに、長期間連続で洋上にて調査・観測などの作業を行う航空分野での活用は十分期待できるといえよう。

そもそも1900年7月2日に初飛行を行ったツェッペリン第一号船LZ-1は、ボーデン湖上に浮かぶ浮体式格納庫の中で組立てられ、水上に引出され湖面から飛び上がり、また湖上に舞い戻ったのである。ブイに繋留された浮体式格納庫や水面上の飛行船は、錨をおろした船舶と同様、動力を使わずとも自然に常に風に立つので、水上格納庫への飛行船の出し入れが容易であるという利点がある。後のグラフ・ツェッペリン号も車輪の代わりに大型浮き袋を装備できるようになっており、実際に水面に着水・離水を行っている（写真一七）。したがってわが国でも霞ヶ浦や、浜名湖、琵琶湖などの水面を利用した水上飛行船基地、あるいは浮体式の洋上飛行船基地建設も考えられる。



写真一七 水面に降りている LZ 127 グラフ・ツェッペリン号

イギリスはかつて空中繋留方式を採用しており、ロンドン郊外に今も大格納庫が残るカーディントンや、カナダのモントリオールなどに大型空中繋留塔を建造してR 100などの大型硬式飛行船に利用していた。実のところニューヨークのエンパイアステートビルも、もともと飛行船の繋留塔として建造されたのである。こうした繋留塔システムは今後の地上・洋上運用でも再検討すべき利点を持っている。



写真一八 ニューヨーク上空のヒンデンブルク号

1930年代にアメリカでは前述の空中空母アクロン型を民間用に改装した大型硬式飛行船として「乗客乗員80名、貨物120トン積載、速力80kt（時速150km）」の計画が存在し、実際に当時の技術と素材でこの性能は十分可能とされていた。飛行船を過去の遺物として否定してきた20世紀はすでに終わり、新しい素材と技術を得て環境にも人間にも優しく、長時間飛行、長時間滞空可能な21世紀の実用的な渡洋型航空機として大型硬式飛行船が復活する日を信じるのは、果たして筆者のみであろうか。

#### 《参考文献》

- 1) 飯沼和正著：「飛行船の再発見」講談社ブルーバックス、1979年
- 2) 田中新造著：「飛行船時代」朝日ソノラマ、1974年
- 3) ジョージフ・フード著（高斎正訳）：「飛行船もういちど飛びなさい」、白金書房、1975年
- 4) 天沼春樹著：「飛行船ものがたり」NTT出版、1995年
- 5) 天沼春樹著：「飛行船 空飛ぶ夢のカタチ」KTC中央出版、2002年
- 6) 関根 仁著：「航空船工学」東學社、1940年
- 7) 小川太一郎著：「航空讀本」日本評論社、1932年
- 8) 田中新造著：「R 101号に何が起ったか」グラフ社、1984年
- 9) 草鹿龍之介著：「一海軍士官の半生記」光和堂、1973年
- 10) 石橋孝夫監修：「航空母艦」小学館、1984年

JCMIA

#### 【筆者紹介】

渡邊 裕之（わたなべ ひろゆき）  
株式会社日本飛行船  
代表取締役最高執行責任者

