Chem. Lab. Test				500 Hour Pumping							
168 hours @ 250°F 125 ml Fluid in 250 ml Bottle				250°F Continuous 160°F with 250°F Spikes @ 1 hr Intervals							
Fluid Max. Change				Fluid Max Change							
I	II	III	IV	Measurement				I	II	III	IV
+15.0	+15.0	+0.5	+0.1	Neutralization No. mg KOH/gm				+1.0	+2.4	+0.3	+0.1
±2.0	±2.0	±1.0	±1.0	Viscosity cs @ 100°F				6.0 min Allowed			
±1.0	±1.0	±0.3	±0.3	Viscosity cs @ 210°F				2.0 min Allowed			

第8図 Thermal Stability Requirement

C. フィルタの選択 エロージョンの原因が固型異物にあるという前提に立つと、フィルタは細く、システムをより清浄にすればよいわけであるが、試験の結果では必ずしもそのとおりにはなっていない。逆に細かすぎるフィルタを用いたシステムに、より強いエロージョンを生ずる結果が、ボーイング社の試験では出ている。

(1) **熱安定性** りん酸エステル基材の、熱などによる分解生成物の腐食性は、油圧系統にある鉄・銅などの部材金属と反応し、不溶性の金属塩を生成し、フィルタの詰まり、パルプ・スティック、シール材の膨潤、エロージョンなど2次トラブル発生の原因となる。したがって、液にはこの生成する酸を無害にするためのアシッド・アクセプターが添加されている。このアシッド・アクセプターの効力を持続させ、液の寿命を長くするためには、エステル基材の熱安定が重要な問題となってくる。タイプIVでは、この面でも改良されている(第8図参照)。

(2) 今後に残された問題

A. シール材の膨潤性 航空機油圧システムに使用されているホース材やシール材としては、一般にブチル・ゴムやエチレンプロピレングムが使用されているが、りん酸エステル系作動液は、シールに使われているゴム膨潤添加剤に影響を与える。一般に低比重の液

の方が、高比重のものに比して影響が大きい。これがいろいろな問題を引き起こす結果になっているのは前述のとおりである。今後はシール材の改良も併せて必要である。

B. 比重 航空機のウェイト問題は、常に考えておかなければならぬことである。高比重のタイプIIを低比重のタイプIIIに変更することにより、B747機で170 lbの重量軽減をもたらした。

C. 人体に与える影響 修理作業の際、皮膚に与える影響がタイプIIIの方が、IIに比して若干強い。これはタイプIIIの方が溶解性が強いいため、皮膚の油脂分をそれだけ取り去るため、ヒリヒリさせるもので、これも使用しているうちに慣れてくる。今後の液には、この点についても考えておく必要があろう。

5. おわりに

以上りん酸エステル系作動液の動向ならびに問題点について簡単に述べた。オペレータは、航空機のシステムが常にその機能を100%発揮すべくシステムの状況を常時、モニターし、不具合な点が見出された場合は、航空機メーカーおよび、部品や作動液などのメーカーへ報告され、安全性を一層高めるための検討材料とされる。作動液についての諸問題もすべて安全性追求から発生したもので、これからも、航空機の油圧システムの信頼性を高めるために、休みなく改善がくり返されていくことと思う。

引用文献

- Type IV, Class 1&2 Commercial Airplane Hydraulic Fluids W.G. NELSON & A.W. WATERMAN
Corrosion of Servo Valves by an Electrokinetic Streaming Current.....T.R. BECK,
D.W. MAHAFFEY
J.H. OLSEN

大型民間輸送機の油圧系統と機器の概要とすう勢*

田 口 光 一**

1. はじめに

タービン・エンジンを搭載した輸送機が出現する以前は、油圧は一般に降着装置、ブレーキ、前輪操向、あるいは下げ翼などの動力源としていわば補助的な役

割を担うのみであり、航空機の操縦系統の動力源として利用されるのは一部の特殊な機体に限られていた。

しかしながらタービン・エンジン輸送機の出現により機体は一挙に大型高速化され油圧を主動力源とする操縦装置が人力操縦に取って代わるようになった。

なお、このころは油圧システムの信頼性は充分ではなく故障時には他のバック・アップ・システムの装備が必要であり、人力操縦による操縦系統がいっしょに

* 昭和51年1月28日原稿受理 Introduction of Current Large Civil Jet Transport Hydraulic Systems and Components

** 日本航空株式会社技術部機装技術課 Koichi TAGUCHI

第1図 B747の油圧システム

装備されていた。

ところが、B 747, DC-10, L-1011 などの超大型機が登場するようになるとバック・アップ・システムとしての人力操舵の採用はもはや困難となり、いきおい多重装備の油圧システムによって冗長性をもたせるようになった。

多重装備の油圧システムを構成する油圧機器はますます複雑精密かつ大型化が進められていると言えよう。

ここでは最近のジャンボ、エア・バスなどと呼ばれる超大型民間輸送機の油圧機器の概要とすう勢を紹介する。

2. システムの構成

大型機の油圧システムは一般に幾つかの独立した油圧システムから構成されており、それぞれのシステムは大きく分けて油圧を供給する部分と供給された油圧で仕事をする油圧作動部とに分けることができる。もちろん重要な油圧作動部には通常2システム以上の異なる油圧パワが供給されるのが普通である。

第1図は B 747 の油圧システムの例であり、完全に独立した4つのシステムを備えているため、あるシステムの故障が他のシステムに影響を与えることはない。

三舵の操作機構はそのほとんどにデュアル・タンデム・ピストン・タイプのアクチュエーターが用いられ、それぞれ異なった2システムの油圧により加圧されているので、2システムの油圧システムがまったく同時に故障しないかぎり、そのアクチュエーターが作動不能に陥ることはない。また各舵面はそれぞれ内外あるいは上下に二分割され、そのうえ左右にも分かれており、それぞれの舵面に別個のタンデム・アクチュエーターが装備されているため最悪の場合3システムの油圧が同時に無くなってしまっても残りの1システムの油圧のみで3軸回りの操舵が可能である。車輪ブレーキはノーマルとリザーブの2つのシステムがあり、このうちのノーマル・ブレーキ・システムは2つの油圧システムのうちのどちらかを選択して使用するようになっているためブレーキ・パワがまったく無くなる可能性は少ない。

DC-10 の油圧システムの構成は第2図に示すように B 747 の場合とはほぼ同様であるが3システムの油圧システムから成っている。

それぞれのシステムの油圧供給部は、エンジンのギア・ボックスによって駆動されるエンジン・ドリブン・ポンプ (EDP) がその主油圧源となっており、通常の飛行状態ではほとんどの場合主にシステムに油圧パワを供給している。なお B 747 にはエンジンの抽気を利用したエア・ドリブン・ポンプ (ADP) が EDP に

第2図 DC-10 の油圧システム

並列に装備されており、それぞれのシステムのデマンドが大きくなりシステム圧が低下すると自動的に始動して EDP をバックアップし、システム圧を保つよう働く。EDP の故障時に ADP がシステムに油圧パワを提供するように働くのはもちろんである。第3図に B 747 の油圧供給部の概念図を、第4図に油圧システムのデマンドを示す。

DC-10 の場合には同じエンジンに2台のポンプがまったく並列に装備されており、システムのデマンドが小さい場合は一方のポンプのみがシステムの加圧を受け持ち、他方のポンプはオン・デマンド・ポンプとしてポンプに組み込まれているソレノイド・バルブにより減圧状態になっていて吐出圧はない。このオン・デマンド・ポンプは B 747 の ADP の場合とまったく同様な機能を持っており、システムのデマンドが大きくなった時は自動的に減圧状態が解除され、2台のポンプが並列運転されるようになる。

一部のシステムの油圧供給部にはこの他に交流電源で駆動される AC モーター・ドリブン・ポンプ (AC P) が装備されているため、エンジンが停止しておりかつ高圧圧縮空気源 (ニューマチック・エア) もないときであってもシステムの加圧が可能であり、トーイング時のブレーキ圧の確保や、システムのファンクション・テストの際に使用される。

DC-10 の油圧システムは独立した3システムが装備されているが、故障の系統の影響を最小限にするため、正常に運転されている系統の油圧を利用して故障した

Main Hydraulic Supply System Schematic

第3図 B 747 の油圧供給部

系統を加圧できるリバーシブル・モーター・ポンプと称するユニットを採用している。このユニットは油圧モーターとポンプを機械的に結合したもので、それぞれを異なった2系統に接続しておけばおたがいの系統間で作動油を移動することなく、しかもどちらの方向にも油圧パワを他方の系統にトランスファすることができるため、エンジンの不意の停止やポンプの故障などシステム下流での洩れがない場合は残ったシステムのポンプの余剰吐出量を機体の油圧システム全体として平均化して用いることができる。

人力操舵のバックアップ・システムがない全機力操縦系統を装備した航空機で検討しておかなければならない問題の一つに、すべてのエンジン停止の際の操縦

性がある。タービン・エンジン多発機で、飛行中すべてのエンジンが同時に停止する確率は極めて低いものと考えられるが、フューエル・マネージメント・ミスによるフレイム・アウトをも考慮すれば可能性は皆無とは言い切れず、法規上からもこの問題の吟味が必要である。

DC-10ではADG (Air Driven Generator) と呼ばれるラム・エア・タービンに結合した発電機を装備しており、全エンジン停止の際はパイロットの操作でADGをdeployさせ交流電源を得ることができるため、ACモーター駆動のAUXポンプを運転してシステムの加圧をするようになっている。(ADGは機速の変化に関係なく等速回転するガバナーと可変ピッ

第5図 DC-10 用エンジン・ドリブン・ポンプ

第6図 DC-10 の Thermal Drive Shaft

設けられており、auto prime and bleed system に結合される DC-10 特有の port である。このシステムは2台のポンプのハウジングから吐出圧の一部をshuttle valve に導き、2台の並列に運転されているポンプのうち cut out pressure が低い方のポンプから常時 bleed を行ない、cooling flow を確保するようにしたものである。この bleed によって低い圧力で cut out したポンプの吐出が無くなるための冷却効果の減少を補うよう働く。

(2) 駆動方法 ポンプの駆動方法にはエンジンのギア・ボックスで直接駆動されるもの、エンジンの抽気によるニューマチック・エア・タービン・ユニットで駆動されるもの、電気モーターによるものおよび油圧モーターによって駆動されるものがある。

a. エンジン・ギア・ボックスによる駆動 エンジンの高圧圧縮機の軸回転で駆動されるギア・ボックスに直接ポンプを取り付けるのは比較的軽量かつ容易に大容量のポンプの駆動力を取り出せることから大型機

に限らずタービン機のほとんどに共通した方法であり、油圧供給部の主油圧源となっている。

この方法の欠点はポンプ、あるいはシステムの故障などでポンプを一時停止したいときに停止できないためシステムが完全に機能を失うまで回転させておかざるを得ないこと、およびエンジンが停止してしまうとポンプの駆動が不可能になることである。

b. 高圧空気タービン・ユニットによる駆動 B747 ではエンジンの抽気 (pneumatic air) を利用したタービン・ユニットで駆動されるポンプ (ADP) が各システムに1台ずつ装備されている。このユニットの利点は APU (auxiliary power unit) あるいは地上設備からの pneumatic source さえあればエンジンが停止していてもポンプ駆動ができることである。このため B747 では APU の運転により地上での整備作業の際にわざわざ地上の油圧設備を利用せず大容量の油圧パワを簡単な操作で得ることができ、極めて便利である。ADP には EDP をバックアップするためにオートモードがあり、EDP のみの吐出では不足の場合、すなわちフラップや降着装置の操作でシステムに大きなデマンドがあってシステム圧が 2,600 psi 以下に下がると自動的に始動しシステム圧を常に 3,000 psi 近くに保つようになっている。なおオートモード (ラン・オン・デマンド・モード) には 0.3~0.4 秒のタイム・デレイ・リレーが入っており、システム圧のサー

ジなど瞬間的な油圧変動には始動しない。また一度始動するとシステム圧が通常の油圧に戻った後約12秒後に停止するようになっている。なお使用されるポンプは EDP とまったく同型のポンプである。

このユニットの欠点は構造が複雑であり、かつ重量も重くメイン・ポンプのバック・アップ用として使われるには高価であることである。

c. 電気モーターによる駆動 電気モーターによってポンプを駆動する方法はエンジンの作動状態に影響を受けず、かつ制御操作が簡単にできることからタービン輸送機には従来から広く使用されてきた。しかしながら最近の大型機では地上における整備やテスト時のために補助的に用いられる程度になっている。これは大型機の大容量のシステムのために大きなポンプを駆動するには極めて大型の電動機が必要となり重量の点、および機体電源の制限からメイン・システムの加圧には使用できないためである。現在 B747 や DC-10 に用いられている電気駆動ポンプの吐出量はおよそ 6~8GPM 程度の小型のものである。電源としては 115 V400 Hz の交流を使用している。なお電気モーターで駆動されるポンプは回転数一定であるため EDP や A DP と同様な吐出圧力調整機能を持った可変容量型のポンプが使用される。

d. 油圧モーターによる駆動 油圧モーター駆動による油圧ポンプは2系統間の油圧パワ・トランスフェの手段として用いられる。通常は固定容量型の油圧ポンプとモーターを結合したモーター・ポンプ・ユニットであるが、DC-10 では第7図に示すように一方の

ユニットが可変容量型となっておりモーター/ポンプの可逆運転ができる。このユニットの特徴は作動油の移動なしに他のシステムに油圧パワを伝達することが可能な点で、特に大型機に見られるように独立した多重システムが装備されている場合、正常運転されている系統の油圧パワを故障して加圧不能となった系統に伝達して加圧することができ油圧システムとしての冗長性が高められる。

なお油圧モーター・ポンプのユニットには圧力コンベンセーターが装備されていないのが普通で、吐出圧と吐出量のコントロールはユニット自体の回転数によって行なわれる。すなわち高圧側は 3,000~3,200 psi におけるポンプ・モーター・ユニットのストールによって、また低圧側、つまり最大吐出量のコントロールは油圧モーター入口の flow limiter によるユニットのオーバー・スピード防止によって行なわれる。

3.2 フィルタ ポンプの回転部品の摩耗による細かい金属物や、ポンプ内部故障による大量の金属片のシステムへの侵入を防ぎ、作動油の汚染を防ぐためにポンプの吐出側およびケース・ドレン側にはフィルタが装備されている。これらのフィルタには再使用不能の紙製エレメントが用いられるのが普通であり filtration capability は 15~25 ミクロン程度のものである。またシステムからのリターン側にはリザーバに作動油が戻る直前にリターン・フィルタが設けられており、システム・コンポーネントからの異物を取り除き、作動油のコンタミネーション・レベルを維持している。エレメントはやはり紙製であり filtration capability

第7図 DC-10 のリバーシブル・モーター・ポンプ・ユニット

は3ミクロンのものを使用している。なお流路抵抗を小さくするために、このフィルタは3ミクロンと15ミクロンの2ステージ構造になっており、大流量のリターン・フローがあるときは3ミクロンのエレメントをバイ・パスするようになっている。各フィルタにはエレメント入口と出口の差圧が大きくなるとボタンが飛び出す機構を持った ΔP インジケータが取り付けられており、エレメントの汚れ具合のモニターが容易にできるようになっている。

3.3 リザーバ 油圧リザーバは飛行姿勢や機体の各軸に働く加速度に関係なく、作動油を油圧ポンプに送り込む必要がある。リザーバの型式には大きく分けて作動油の液面が大気に開放されているタイプと作動油がまったく空気に接触していないものがある。前者は B747 に用いられており、負の上下加速度が働いたときに空気をポンプが吸い込むのを防ぐためにリザーバ内部が上下に分けられており、 $-g$ の状態では上下の作動油の流れが止められ下方の油のみがポンプに供給されるよう設計されている。なお高空においてもポンプに充分に作動油を供給できるようリザーバ内部はニューマチック・エアによって 40~50 psi に加圧されている。

DC-10 には後者の作動油密閉型のリザーバが用いられており、airless bootstrap type と呼ばれ上下に移動可能なダイア・フラムによって作動油と空気を分けている。作動油の加圧はシステム圧を小面積のピストンによりダイアフラムに加えることによっている。

3.4 配管 システムの配管はパイプとホースによって構成されている。パイプの材質としては、プレッシャ・ラインにはほとんどの場合 304 タイプか 21-6-9 の CRES (corrosion resistant steel) が使われ、リターン・ラインには 6061 T6 の Al 合金が使用されている。ただ Al 合金パイプは耐食性に乏しいため、DC-10 では低圧のリターン・ラインにも薄肉の CRES パイプを用いており、Al 合金パイプの使用は極く一部に限られている。なお従来、swivel grand や

ホースが用いられていた可動部の配管にも、重量軽減と耐久性の面からパイプが使用される傾向にあり、いわゆる coiled tube という形で DC-10 などでは広く使われている。このパイプの材質は CRES あるいは柔軟性に富むチタニウムが使用される。

ホースの使用はエンジン回りや各ポンプの結合など複雑な振動の影響を避けるため極く一部に限って使用する傾向にあり、両端のフィティングがスウェージによってたしかめられたテフロン・ホースが使われるのがほとんどである。従来使用していた内部チューブが butyl rubber のホースは作動油によって内部チューブが膨らみ管路の閉鎖が起きやすいこと、内圧を受け持つ炭素鋼の wire braid が腐食しやすくしばしばホースの破裂を引き起こすことから、CRES の wire braid とテフロンの内部チューブで作られるテフロン・ホースの使用が大勢を占めるようになったものと考えられる。

3.5 継手 パイプとパイプあるいはパイプとシステムの機器を結合する継手は従来フレア・タイプの AN 式が用いられていたが、タービン輸送機の出現とともにスリーブをパイプにかしめてかみ込ませる MS 式に代わり、最近ではより耐久性のあるハリソン HMS 型のスウェージ・タイプの継手が使われている。各タイプの比較を第 8 図に示す。

多重系統の油圧システムを持つ大型機の配管に使用される継手の数は極めて多く、しばしば継手のゆるみなどにより外部洩れが発生すること、および重量軽減の観点から DC-10 では第 9 図に示すように従来すべてねじ込み結合であった配管をロウ付け、あるいはスウェージによる永久結合の継手を採用している。

3.6 作動油 タービン輸送機の出現とともに民間輸送機の油圧系統の作動油として難燃性と広範囲の温度変化のもとでの安定した性能から、リン酸エステル系の作動油が使用され始めたが、現在ではほとんどすべての民間タービン輸送機がリン酸エステル合成油を使用した油圧システムになっている。現在リン酸エス

第 8 図 各種管継手

第9図 DC-10 の配管

テル系作動油を使用した油圧システムが持つ大きな問題の一つは、コントロール・バルブのエロージョン発生に伴うシステムのインターナル・リークである。

全エンジン停止時の姿勢保持のため最小限の操舵を可能とするためにはエンジンの wind mill による低速回転のギア・ボックスで駆動される EDP の極く少量の吐出を利用してシステムを加圧する必要がある。そのためシステム・インターナル・リーク量に制限を設け、この制限量を越えた場合は、システムの機能が正常であっても多数の大型 PCU (Power Control Unit) の交換を余儀なくされ膨大な整備人件費や部品費を浪費するのである。このトラブルに対しては最近になって、anti-erosion additive が添加された新しいリン酸エステル作動油、“Type IV” の使用が可能になっており、この問題に対する解決策となることが期待されている。

4. 油圧作動部

システムの油圧を動力源として動翼、降着装置などを作動させる機構は、ピストンとシリンダーで構成される作動筒および油圧モーターによるものと大きく分けることができる。以下にこれらのハード・ウェアの例を topical に紹介する。

4.1 作動筒 昇降舵、補助翼、方向舵などやスポイラ、および降着装置の上げ下げや降着装置ドアの開閉など、ほとんどの作動機構にはシリンダーとピストンで構成されるアクチュエーターが使われている。最近の大型機の主操縦系統に用いられる作動筒の大きな

特徴としては、2系統の油圧で駆動されるデュアル・タンデム・アクチュエーターの構造であること、自動操縦装置の制御部として電流を油圧に変換するトランスファ・サーボ・バルブやオート・パイロット・アクチュエーター、あるいはオート・パイロット・フィードバックをするためのポジション・トランスデューサーが組み込まれていること、そしてこれらの複雑なメカニズムを組み込む必要性と整備作業性の向上のためにそれぞれがモジュール化されていることである。第10図に代表的な主操縦装置の作動管のモジュール、すなわち PCU (Powered Control Unit) を示す。

オート・パイロットのコマンド・シグナル電流を油圧に変換するのはトランスファ・バルブであり、第11図に詳細を示すように、ノズルから噴き出すジェットを左右のコイルに流れる電流の強弱により変化させ、左右のコントロール・プレッシャ・ポートの圧力差を発生させるものである。この圧力差によってオート・パイロット・アクチュエーターが左右に動かされ、イン・プット・リンクを動かすことによりメイン・アクチュエーターをドライブする。イン・プット・リンクの一部がオート・パイロット・アクチュエーターによって動かされるため、オート・パイロットの信号により PCU がドライブされている時は同時に操縦桿も動くことになる。

なお降着装置などに用いられる作動筒は単にシリンダーとピストンのみで構成され、他に何も組み込まれていない簡単な構造のものである。

4.2 油圧モーター 水平安定板駆動装置やフラッ

第10図 B 747 のエレベーター PCU

第11図 オート・パイロット用トランスファー・バルブ

の作動機構などには油圧のモーターが用いられることが多い。B 747 の水平安定板駆動装置の場合は、ジャッキ・スクリューを駆動するためのギア・ボックスおよび油圧モーターと油圧ブレーキによって構成されている。

通常使用されるモーター型式は固定容量型のものがほとんどであるが、モーターのスピード・コントロールのために2段階程度の可変容量型モーターが使用されることもある。

4.3 その他 最近の大型輸送機の油圧機器の中で少々特殊なものに人工舵感装置がある。第12図に B 747 の昇降舵の人工舵感装置を示す。通常、補助翼や方向舵は高速時および低速時ではフラップの位置などによってパイロットの操舵量に対する動翼の可動範囲を変化させたりしてオーバ・コントロールの防止をしており、操舵感覚は単にスプリング力のみによる機体がほとんどである。しかしながら昇降舵は、速度変化に対する細かい舵感の相違が重要であるため機速および重心位置の変化に応じた舵感をパイロットに与える

ような人工舵感装置が装備されている。構成は機速および水平安定板の位置に応じて適当な油圧をメタリング・バルブによってコントロールするフィール・コンピュータ部とメタリングされた油圧により人工的に操縦桿を重くするコントロール・ユニット部とからなる。

5. 油圧システムの故障

現在の大型機の油圧システムに発生する故障には、安全性、定時性を阻害するものとしてメイン・ポンプの故障や配管の破損などの問題が、また直接安全性を阻害しないものの多額の整備費を費すものとしてインターナル・リークの問題が上げられる。

5.1 作動油の外部洩れ ポンプやモーターのシャフト・シール部の不良、アクチュエーター・ロッドのシール破損による外部洩れ、配管の摩耗や腐食による破裂、あるいは継手部の亀裂、ゆるみなどによる外部洩れがある。システム下流の配管などからの外部洩れはしばしばそのシステムの加圧がまったく不能となるため、重大な故障の一つである。

非常に多数の継手と長い配管で構成されている大型機のシステムの外部洩れを完全に防止するのはなかなか困難なのが現状であり、今後の大きな課題の一つであると言えよう。

5.2 ポンプの破損 ポンプの内部部品の異常摩耗や局所的な潤滑不足などが原因と思われる突発的な加熱破損が時々見られる。この故障が発生するとその系統が、金属粉の発生や作動油の熱分解による生成物のため完全に油圧供給部の機能を失うことが多く、復旧

Elevator Feel System Schematic

第12図 エレベーター人工舵感装置 (B 747)

Unscheduled Removal Reason Status

Justified Removal Reason

Percentage of "Shop Check OK": 52.1%

B 747 EDP/ADP Unsheduled Removal Reason Status (1974. Nov.~1975. Oct.)

第13図 B 747 メイン・ポンプ取りおろし理由の内訳

全取りおろしのうち 52.1% はチェックの結果異常なしであった。

B 747 Hydraulic System SQ Break Down
Int Gnd. 1974. 4~12.

29-10 Man System SQ Break Down

第14図 B 747 油圧供給システムに発生するトラブルの内訳

にも手間がかかる故障である。第13図にB 747のメイン・ポンプの取りおろし理由の内訳を示した。

5.3 作動油の内部洩れ システムのインターナル・リークのトラブルは定期的にリーク量測定を実施しているためその際に発見されるものと、ラインに就航中補助ポンプの圧力低下などで発見される場合とがあり、作動油の項で述べたように、現在部品費および整備人件費の低減に大きな障害となっている問題であるが、“Type IV” 作動油の使用による解決が期待される。

5.4 作動機器の故障 取りおろし理由としてはコントロール・バルブ部のエロージョンによるインターナル・リークが圧倒的に多く、外部油洩れがそれに続き、その他の機械的な故障は非常に少ない。なおオート・パイロット機能を持つPCUでは、トランスファー・バルブやポジション・トランスジューサーの故障が時々見られる。

5.5 作動油の変質 定期的に作動油の物理、化学的性状およびコンタミネーション・レベルなどのチェックを実施しているが、通常の運航で極端な作動油の変質はまず発見されることはない。性状の一部がわずかに限度を外れたために作動油が交換される場合がほとんどである。

なお第14図に油圧システムの故障の内訳としてB 747の油圧供給部の例を示す。油圧供給部のトラブルはインジケーション関係を除けばそのほとんどがメイン・システムに発生しており、そのトラブルの半分以上はリザーバーのレベルが低いための作動油補充である。

これは定期的にレベル・チェックをしているために1/2~1 gal程度の極少量の作動油の補充までがカウントされるために非常に多くなっているものであり、飛行中しばしばリザーバー・レベルが下がってしまうということではない。

油圧供給部のトラブルの発生頻度としてはB 747の場合、飛行中および地上での点検中に発見されるものをすべて合計すると1,000飛行時間あたり10~11件程度である。

6. おわりに

最近の大型輸送機の油圧系統は、油圧以外のバック・アップ・システムを持たなくとも安全に飛行できる設計のシステムになったという点、トランスファー・バルブなど電磁弁の使用によるエレクトロ・ハイドロリックス化が実用になったという点などから、一応システムの定型が完成されたと考えてよからう。今後はさらに高度のエレクトロニクスとの結合など一層の高精度比が考えられるが、一方で極く基本的な配管の故障の問題の解決による信頼性向上、あるいは整備性の向上などの改良が期待される。

参考文献

- 1) Boeing B 747 Maintenance Manual, The Boeing Company.
- 2) Douglas Service, Volume XXIX Dec., 1972.
- 3) Douglas DC-10 Maintenance Manual, Douglas Aircraft Co., Inc.
- 4) Douglas DC-10 Component Overhaul Manual, Douglas Aircraft Co., Inc.