

항공기 연료탑재방식에 관한 연구

A Study on Aircraft Fuel Requirements

노건수* (대한항공 전문교관), 유광의 (한국항공대학교 교수)

1. 서론

터보제트 항공기의 운항에 필요한 연료탑재방식은 국제민간항공기구(ICAO)에서 정한 국제표준 및 권고사항에 따른 미국연방항공청(FAA) 방식과 유럽통합항공청 방식으로 구분된다. 이 두 가지 방식에 큰 차이는 없으나 예비연료 중 보정연료(contingency fuel) 탑재량은 상이하다. 미국방식에서는 보정연료를 예상 비행시간의 10%를 탑재하도록 하고 있으며, 유럽방식에서는 예상운항연료의 5% (또는 조건 충족 시 3%)를 요구하고 있다. 즉, 미국방식이 유럽방식보다 더 많은 보정연료량을 요구하고 있는데 미국방식의 보정연료 요구량을 유럽방식으로 계산하면 예상운항연료의 약 8%에 해당한다. 한국의 보정연료 요구량은 미국연방항공청 방식을 따르고 있으며 따라서 추가연료탑재에 따른 연료소모가 증가하여 이는 유류 과소비로 연결된다. 본 연구에서는 국제표준으로 인정된 연료탑재방식들을 고찰하고 그 효과를 비교분석하고자 한다.

II. 본론

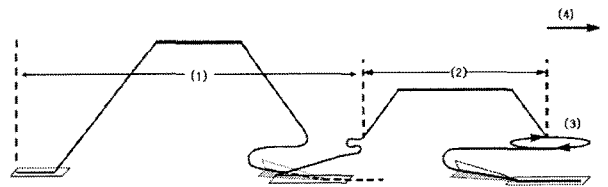
터보제트 항공기의 연료탑재에 관한 기준은 우선적으로 ICAO 표준을 들 수 있는데 이 가운데 본 연구에서는 국제적으로 사용하고 있는 연료탑재 요구량 중 보정연료(contingency fuel)과 관련된 현 실태와 개선방안을 중심으로 분석하고자 한다.

1. 국제선 운항에서의 ICAO 연료요구량

ICAO 부속서는 목적지 교체공항이 필요한 경우 터보제트엔진 항공기가 탑재하여야 할 최소연료 양을 아래와 같이 명시하고 있다. (Annex 6, Part 1, 4.4.6.3)

- 1) 목적지공항으로 비행하여 접근을 시도하고 실패접근을 한번 시도하는데 필요한 연료량 및 그 후 다음의 연료량
- 2) 운항 및 ATS 비행계획서에 명시된 교체공항까지 비행하는 데 필요한 연료량
- 3) 표준기상조건에서 교체공항 상공 450미터(1,500 피트)에서 30분간 체공속도로 체공하고, 접근하여 착륙하는데 필요한 연료량
- 4) 운송자국이 정한 것을 운송자가 지키도록 명시한 발생가능한 비상시에 사용할 충분한 추가 연료량

위의 항목들을 운항단계와 연결하여 보면 <그림 1>과 같다.



<그림 1> ICAO 국제표준 및 권고사항

2. 미국연방항공청(FAA) 방침

계획된 항로를 따라 안전하게 운항하기 위하여 필요한 연료량은 매 비행편마다 계산하여야 하며 각 항공기 운송자는 독자적인 연료정책을 가지고 있으며 이는 규정된 최소연료요구량 탑재를 근거로 한다. FAA의 경우 국제선을 운항할 때 아래 조건에 해당하는 연료를 탑재하도록 규정하고 있다. (미국연방항공법 121조 645항)

- 1) 목적공항까지 비행하는 연료
- 2) 출발공항에서 목적공항까지 예상비행시간의 10%에 해당하는 연료
- 3) 교체공항이 필요한 경우, 가장 먼 교체공항까지 비행하는 연료
- 4) 교체공항 상공 1,500 피트에서 표준온도 상태로 30분간 체공할 수 있는 연료

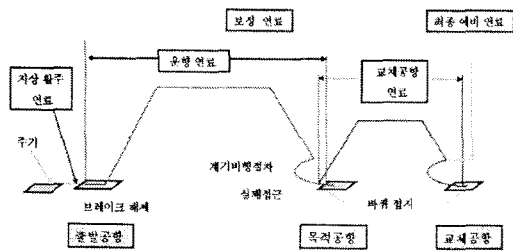
이와 같은 규정을 근거로 비행계획을 수립하여 산출되는 최소연료량은 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$Q = taxi\ fuel + TF + CF + AF + FR$$

- taxi fuel = 지상활주 연료
- TF = 운항 연료 (Trip Fuel)
- CF = 보정 연료 (Contingency Fuel)
- AF = 교체공항 연료 (Alternate Fuel)
- FR = 최종 예비연료 (Final Reserve Fuel)

<그림 2>는 운항단계 별로 연료량을 표시하고 있으며, 매 비행마다 다음 운항조건을 고려하여야 한다.

- 실제 항공기 연료소모 자료
- 예상 중량
- 예상 기상조건
- 항공교통업무(ATS)의 절차 및 제한사항

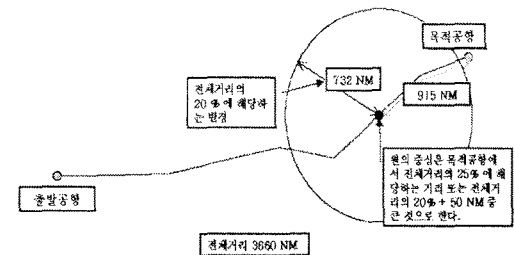


<그림 2> 국제선 운항시 연료탑재량

유럽의 경우 보정연료(contingency fuel)는 다음의 두 가지 중 큰 쪽을 탑재하도록 규정되어 있다.

- 1) 표준대기조건에서 체공속도로 목적공항 상공 1500 피트에서 5분간 비행하는데 필요한 연료
 - 2) 다음의 양 중 하나
 - 운항연료의 5%
 - 감항성인가를 받고, 비행 중 교체공항을 사용할 수 있는 경우 운항연료의 3%
 - 감항성인가를 받고, 표준대기 조건에서 체공속도로 목적공항 상공 1500 피트에서 5분간 비행하는데 필요한 연료
- 항공기 운영자는 항공기별 구간별 연료소모량을 감시하는 프로그램을 보유해야 하며, 통계적으로 보정연료(contingency fuel)를 계산하는데 이런 프로그램을 사용해야 한다.
- 항공기 운영자가 개별 항공기에 대한 연료소모감시 프로그램을 보유하고 연료계산에 그 결과를 사용한다면, 운항연료소모량에 근거하여 20분간 비행할 수 있는 연료

<그림 3>는 보정연료를 5% 에서 3% 로 줄일 수 있는 방법을 나타낸 것으로 비행 중 교체공항이 전체 비행계획 거리의 20% 에 해당하는 반경으로 이루어진 원안에 있고, 원의 중심은 목적공항으로 부터 전체 비행계획거리의 25% 에 해당하는 지점에 있거나 또는 전체 비행계획거리의 20% 에 50nm 을 더한 거리 중 큰 것으로 한다. (AMC-OPS 1.255 의 부록 1)



<그림 3> 보정연료 3 % 적용 방법

3. 유럽통합항공청(JAA) 방침

유럽통합항공청에서는 추구하는 탑재연료방침은 미국 연방항공청과 대동소이하나 보정연료 부분에서는 상당한 차이를 보인다. (JAR-OPS 1.255)

4. 국내법상의 항공기 연료탑재 요구량

항공법 시행규칙에 명시된 연료요구량은 ICAO 표준과 동일하다. (항공법 시행규칙 제136조. [별표 19])

법정에비연료인 보정연료에 대해서는 고시로 발행된 운항기술기준에서는 미국연방청의 방식을 따르도록 하고 있으며(운항기술기준 제8장 운항. 8.2.5.19.다 항) 그 내용은 다음과 같다.

- 법정연료를 계산하는 자는 해당 편 법정연료에 이륙부터 목적지비행장까지 소요되는 전체 비행시간의 10% 시간에 해당하는 예비연료량을 포함시킨다.

이에 따른 국내항공사의 탑재연료를 분류하면 <표 1>와 같다.

<표 1> 국내항공사의 탑재연료 분류

| 탑재연료의 구성 | | 설명 |
|----------|-----------|--|
| 지상활주 연료 | | 엔진 시동, 보조동력장치(APU)사용 및 지상 활주에 사용되는 연료 |
| 운항연료 | | 출발공항에서 최초 착륙예정공항까지의 비행에 필요한 연료 |
| 법정에비 연료 | 보정 | 계획된 비행으로부터 이탈에 대비한 연료 (예상비행시간의 10%) |
| | 교체공항 | 목적공항에서 교체공항까지 비행하여 착륙하는데 필요한 연료 |
| | 제공 | 교체공항 1,500 feet상공에서 30분간 제공하는데 필요한 연료 |
| 항공사 예비연료 | 추가 | 조우 가능한 지연상황을 예상하여 추가로 탑재하는 연료 |
| | Pad | 과도한 연료소비를 인해 Refile ^{주)} 공함으로 회항을 방지하는 연료 |
| | Tankering | 목적공항의 연료보급가능성, 유류단가차이 등을 고려한 추가탑재 연료 |

자료원: 대한항공 비행운영규정.

주) Refile : 안전운항을 보장하면서 보정연료탑재를 최소화하여 연료소모를 줄이거나 유상하중을 높이는 비행계획 기법.

5. 연료요구량 차이에 대한 효과분석

장거리 기종인 B747-400 항공기로 인천-방콕 구간과 인천-자카르타 구간에 대한 운항연료를 분석하였으며 분석도구는 대한항공에서 운영하는 노선분석 시스템을 이용하였고 유럽방식의 보정연료는 운항연료의 5%를 탑재하는 것을 적용하였다. <표 2>와 같이 최대유상하중(maximum payload)를 기준으로 한 경우 비행시간이 4시간 58분인 인천-방콕 구간에서 588lb의 운항연료가 절감되었다.

또한 <표 3>에서 보듯이 최대유상하중(maximum payload)을 기준으로 한 경우 비행시간이 6시간 22분인 인천-자카르타 구간에서는 1,050lb의 운항연료가 절감되었는데 구간별 차이는 비행시간에 따른 보정연료(contingency fuel) 차이 때문이나 현재 항공사에서

8시간이상 구간은 보정연료를 최소화하는 Refile절차를 사용하므로 효과가 미미하여 분석에서 제외하였다.

<표 2>인천-방콕 구간분석(B747-400 여객기 년평균기상)

| 연료 탑재방식 | 이륙중량(lb) | 비행시간 | 운항연료(lb) | 보정연료(lb) | 유상하중(lb) |
|---------|----------|--------|----------------|----------|----------|
| FAR | 674,777 | 4 : 58 | 113,281 | 9,769 | 133,900 |
| JAR | 669,971 | 4 : 58 | 112,693 (-588) | 5,664 | 133,900 |

<표 3>인천-자카르타구간분석(B747-400년평균기상적용)

| 연료 탑재방식 | 이륙중량(lb) | 비행시간 | 운항연료(lb) | 보정연료(lb) | 유상하중(lb) |
|---------|----------|--------|------------------|----------|----------|
| FAR | 736,966 | 6 : 22 | 152,506 | 13,409 | 133,900 |
| JAR | 731,182 | 6 : 22 | 151,456 (-1,050) | 7,625 | 133,900 |

중거리 기종인 A-330 항공기로 인천-방콕 구간을 분석한 자료는 <표 3>과 같으며 이 구간은 비행시간이 5시간 10분으로 550lb의 운항연료가 절감될 수 있는데 여기서 B747-400 과 비행시간이 다른 것은 순항속도가 다르기 때문이다.

인천-자카르타 구간의 경우 <표 4>와 같이 구간 비행시간이 6시간 39분이며, 운항연료는 848lb가 절감되며 또한 이 구간은 최대이륙중량에 제한되는 구간이므로 수요가 충분하다면 보정연료의 차이인 3,255lb의 유상하중(payload)를 증가시킬 수도 있으므로 이 경우에는 승객이나 화물탑재 수입으로 연료절감액을 훨씬 상회하는 이익을 얻을 수 있다.

<표 4> 인천-방콕 구간 분석(A330여객기 년평균 기상적용)

| 연료 탑재방식 | 이륙중량(lb) | 비행시간 | 운항연료(lb) | 보정연료(lb) | 유상하중(lb) |
|---------|----------|--------|---------------|----------------|----------|
| FAR | 459,816 | 5 : 10 | 70,958 | 6,134 | 92,780 |
| JAR | 466,268 | 5 : 10 | 70,408 (-550) | 3,548 (-2,586) | 92,780 |

<표 5> 인천-자카르타 구간 분석(A330 연평균기상적용)

| 연료 탑재방식 | 이륙중량(lb) | 비행시간 | 운항연료(lb) | 보정연료(lb) | 유상하중(lb) |
|---------|----------|--------|---------------|----------------|----------|
| FAR | 478,400 | 6 : 39 | 91,882 | 7,849 | 83,036 |
| JAR | 473,806 | 6 : 39 | 91,034 (-848) | 4,594 (-3,255) | 83,036 |

III. 결론

항공기의 연료탑재 요구량은 해당 국가의 항공당국에서 규정한 최소요구량을 충족해야 한다. 그러나 대부분의 국가가 채택한 연료정책이 유럽통합항공청 방식이고, 현재까지 아무런 문제없이 운영되고 있다. 보정연료(contingency fuel)를 탑재하는 주목적이 기상변화에 따른 항로우회이나 최근에는 인공위성을 이용한 기상예측의 정밀성이 높아졌기 때문에 보정연료의 사용비율이 더욱 낮아지게 되었다. 2003년도 대한항공에서 운항한 국제선 운항회수는 52,384 편으로(한국공항공사, 2003) 국제선 평균 운항시간을 4시간 정도(8시간 이상 구간은 제외)로 추정하면 연간 350만 꺾런이 절감되며 이를 현재 유가를 기준으로 할 경우 약 58억원을 절감할 수 있다. 이는 법정예비연료 중의 하나인 보정연료 탑재방식을 변경하므로 달성될 수 있는 연료절감량이며 현재 하위법령인 고시로 발행된 운항기술기준을 개정하는 것으로 가능한 일이다. 오늘날과 같은 고유가 시대에 항공사의 비용절감을 위한 여러 방안의 추구 가운데 항공기 연료탑재방식을 유럽통합항공청 방식으로 변경하는 것도 합리적인 하나의 대안으로 판단되므로 이에 대한 제도적인 보완이 요구된다.

< 참고 문헌 >

1. 대한항공 비행운영규정 6.2.3.
2. 국내항공법 시행규칙 제 136조 별표 19.
3. 고시 운항기술기준 8.2.5.19
4. 항공통계, 한국공항공사, 2003.
5. FAR Part 121.645.
6. Fuel Planning and Management, Airbus Industrie, 2003.
7. JAR-OPS 1.255.