

## &lt;論文&gt;

## 항공기 연료탑재 기준에 관한 연구

노건수\*, 최연철†, 유광의‡

## A Study on Aircraft Fuel Requirements

K. S. Noh, Y. C. Choi, K. E. You

## Abstract

Airplane fuel takes large portion of airline operation cost and recently it has been grown up to about 25% of operating cost. So airlines are making efforts to reduce fuel consumption continuously and also aircraft manufacturers are making efforts to develop less fuel-consuming engines but it takes great expenses and times to develop such engines. In this study, fuel requirements of FAR and JAR, especially contingency fuel requirements, are compared and the effectiveness of each method is analyzed.

**Keywords:** Contingency fuel(보정연료), Payload(유상탑재량), Trip Fuel(운항연료), FAA(미국연방항공청), JAA(유럽통합항공청).

## I. 서 론

2004년의 배럴당 50\$를 상회하는 고유가는 전반적인 산업성장에 영향을 주었으며 특히, 항공사의 경영에 더욱 심각한 영향요소로 대두되고 있다. 한국의 대표적 항공사인 대한항공의 경우도 2004년 상반기 총 영업비용 중 연료비용이 총 영업비용의 22%를 차지하고 있으며, 유가가 급등하기 시작한 2004년도 3분기에는 25%를 점유할 정도로 항공사의 운영에서 유류비용의 문제는 매우 중요하다[1].

그러므로 항공기의 연료를 절감하여 항공사의 수지를 개선 시켜야 하는 것이 항공사의 입장에서는 매우 중요한 사항 가운데 하나이다.

항공기의 연료절감을 위한 방법에는 항공기를 최적의 비행방법을 활용하거나 지상운용 시 소모를 최소화 방법, 항법 및 항법보조시설의 활용 등이 있다. 또한 항공기의 법정연료를 조종하여 근본적으로 항공기의 중량을 줄이는 방법이 있는데 본 연구에서는 항공기의 연료탑재방식의 전환을 통한 방법에 대하여 세부적으로 고찰하고자 한다. 통상적으로 여객기는 항공법규에 의하여 운항에 필요한 연료를 탑재하는데 터보제트 엔진항공기의 운항에서 필요한 연료탑재 요구량은 미국연방항공청(FAA) 방식과 유럽통합항공청(JAA)방식으로 구분되며 이 가운데 한국은 미국연방항공청 방식을 적용하고 있다. 이 두 방식은 큰 차이는 없으나 법정예비연료 중 보정연료(contingency fuel) 탑재량은 상이하

\* 대한항공전문교관

†한국항공안전교육원 교수

‡한국항공대학교 항공교통물류학부 교수

연락처 E-mail: pilotok@hanmail.net

다. 국제민간항공기구에서 정한 국제표준 및 권고사항에서는 보정연료를 탑재해야 한다고만 명시되어 있는데[2] 미국방식에서는 보정연료로 예상비행시간의 10%에 해당되는 양을 탑재하도록 요구하고 있으나, 유럽방식은 예상운항연료의 5%(또는 조건충족 시 3%)를 탑재하도록 규정하고 있다. 본 연구는 이와 같이 국제적으로 인정된 연료탑재방식들을 비교하고 이에 따른 효과성을 분석하는데 연구의 목적을 두었다.

## II. 본 론

우선적으로 연료의 소모량을 적게 하려면 비행 중에 소모된 연료의 pound 당 에너지가 커야 되므로 추력과 항력의 관계, 항공기 무게의 감소문제 및 연료효율의 증대 등 여러 가지 문제가 연구되어야 한다. 항공기의 연료를 절감하고 효율성 있게 운용하기 위해서는 여러 가지 방법이 사용될 수 있는데 대표적인 방법을 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 항공기 운용과 연료절감의 방법

#### 가. 지상운영 시 절감

지상운용 시 연료절감을 위한 방법은 엔진 시동 단계와 활주로로 이동하는 구간에서 가능하며 ATC(Air Traffic Contrller)와 협조하여 시동을 적절한 시기에 시행함으로 엔진 작동상태에서 대기시간을 줄이며(B747의 경우 engine idle에서 분당 약 20갤런 소모) 지상에서 가능한 지상동력장치(GPU: Ground Power Unit)를 사용하여 지상보조동력장비(APU: Auxiliary Power Unit)로 소모되는 유류를 최소화하며(동일한 동력에 APU가 30배의 연료 소모) 또한, 지상운영으로 볼 수 있는 apron에서 이륙 전까지, 착륙 후부터 apron으로의 구간에서 지상활주(taxi)속도를 적절히 하여 불필요한 추력 조절이나 브레이크사용을 줄이는 방법 등이 이용되고 있다.

#### 나. 최적의 비행방법

경제적인 항공기 운항에서 중요하게 다루어져야 할 부분은 최적고도와 최적속도의 조건을 충족하는 것으로 항속률과 속도안정성을 고려한 속도를 사용하는데 이 속도를 LRC(Long Range Cruising speed)라고 한다. LRC 속도는 항공기의 무게변화에 따라 추력을 정확하게 조절해야 하므로 과거에는 조종사에게 상당한 부담이 되었으나 B747의 경우 FFRAT(Full Flight Regime Auto Throttle System)나 FMS(Flight Management System)에 의하여 이를 조종하는 시스템이 구축되어 있다. 또한, LRC의 복잡성을 고려하여 중량이나 고도가 변화하더라도 속도를 일정하게 유지하는 high speed cruise 방법이 사용되기도 하는데 M 0.80-M 0.84가 최소연료경로를 유지하기 위한 속도로 고려되고 있다[3].

#### 다. 항법 및 항법보조시설의 활용

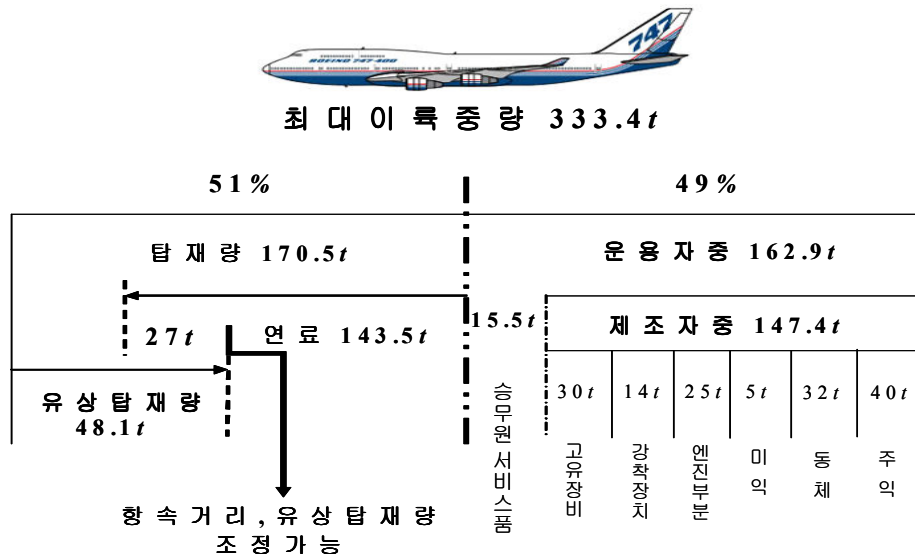
항법시설의 정확성을 이용하고 항공기가 공항인근에 도착하였을 때 지체 없이 착륙을 하도록 하는 것은 매우 중요한 요소이다. 지체와 혼잡은 세계 대부분의 대형공항 및 공역의 고질적인 문제인데 미국과 유럽의 경우도 지체로 인한 비용이 각각 연간 약 2조 및 5조 달러로 예측될 정도로 국가적 차원의 큰 부담이다[4]. 그러므로 이를 해소하고 지체를 줄이기 위한 시뮬레이션이나 항법보조시설의 보강 등이 지속되고 있으며 수직분리 기준축소(RVSM: Reduced Vertical Separation Minimum)와 같이 기존 항로를 효과적으로 사용할 수 있는 방법을 적용하고 있다[5].

## 2. 항공기 운용과 중량 배분

항공기의 운용에서 연료비용이 가장 많은 부분을 차지하므로 각 항공사들은 이에 대한 절감방안을 연구하고 있으며, 항공기 엔진제작사도 연료소모가 적은 엔진에 관심을 두고 있으나 조건을 충족하는 엔진 개발에는 막대한 비용과 기간이 요구되므로 항공유류 절약과 관계되어서는 현재까지 개발된 항공기의 운용에서 방안을 강구하는 것이 현실적이다. 항공기의 연료문제를 알아보기 위해서는 먼저 항공기 운용과 중량의 문제를 살펴보아야 하는데 항공기 운용에서 항공기 중량은 항공기 성능과 밀접한 관계가 있으며 추력이나 소모되는 연료와도 상호 연관된다.

운송용 항공기의 이륙 총중량에서 기체중량을 제외한 것이 연료 및 여객과 화물을 탑재할 수 있는 중량이 된다. 따라서 연료 중량은 속도 및 항속거리와 밀접한 관계를 가지게 되는데 유상탑재량(Payload)은 이륙중량에서 기체와 연료중량을 뺀 것이다. 그러므로 기체중량을 증가시키면 이에 해당되는 연료나 유상탑재량을 감소시키거나 이륙중량을 증가시켜야 한다. 이륙중량의 증가는 양력을 증가시키게 되고 이에 따른 저항은 커져서 추력을 증대시켜야 한다. 이와 같은 결과로 연료소모량이 증가되므로 성능이나 유상탑재량을 일정하게 하려면 다시 이륙중량을 증대해야 하는 악순환에 빠지게 된다.

<그림 1>의 B-747 중량배분에서 나타나듯이 성능 면에서는 143.5t의 연료를 탑재할 수 있지만 최대 유상탑재량이 48.1t이므로 이 경우 유상탑재량을 27t 줄여야 한다. 한편, 여객 1인의 유상탑재량은 수하물까지 포함하여 110kg이므로 줄여지는 유상탑재량을 항공기 운용자의 입장에서 보면 여객 245명에 해당되는 엄청난 무게이다. 반대로 유상탑재량을 최대치인 48.1t까지 적재하면 연료탑재량에서 최대치보다 27t을 줄여야 하는데 이와 같은 결과를 B-747에 적용할 경우 항속거리는 최대치의 약 68%로 줄어들어 수천km가 짧아지므로 27t의 중량 마진을 수송량과 비행거리를 고려하여 노선에 적용하고 조합하여 가장 경제적인 운항이 달성되도록 하여야 한다.



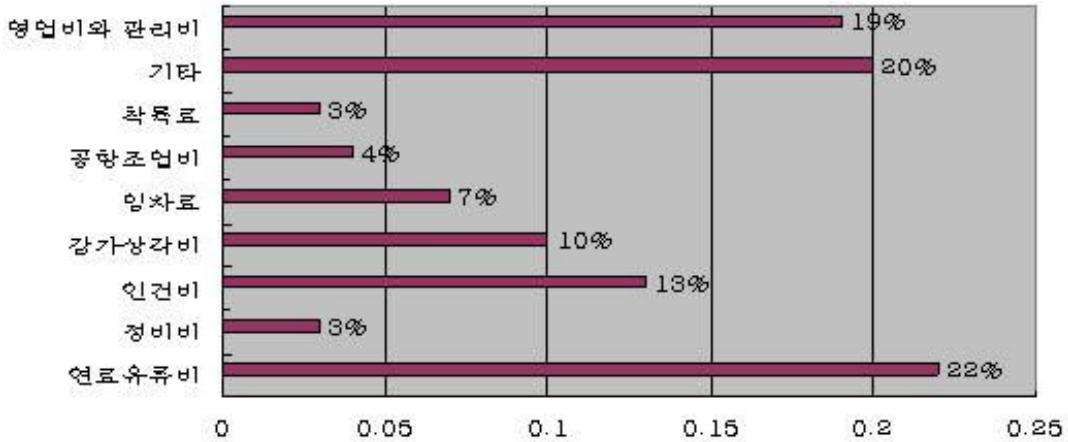
<그림 1> B-747 기체중량과 운용중량

결국 항공기중량과 성능 관계는 중량증가 → 양력증가 → 연료소비량증가 → 중량증가라는 악순환이 될 수도 있으므로 이에 대한 적절한 배분이 요구되며 대부분의 항공사들은 이를 위하여 노선에 따른 기종 배분과 취항하는 지역에서 소화하는 탑승객이나 화물의 관계가 적정하도록 조정을 하고 있다[6].

### 3. 총 영업비용 중 연료비용 점유율

<표 1>은 대한항공의 2004년 상반기 총 영업비용 중 연료비용이 차지하는 비율을 나타내고 있으며 2004년도 3분기 현재 25%를 점유하고 있다[7].

<표 1> 총 영업비용 중 유류연료비의 점유율



자료원: 대한항공 2004년 상반기 손익계산서, 2004.

이와 같이 원가에서 연료유류비가 차지하는 비율이 높은 것은 비단 우리나라의 항공사만 아닌, 세계 항공사의 공통현상으로 연료비는 1, 2차에 걸친 세계 유류파동을 거치면서 급격하게 증가되었으며 1988년 이후 안정세로 전환되었으나 다시 증가하여 20%대의 높은 비용부분을 차지하며 특히 2004년은 세계 유류 수급 사상 가장 높은 유가를 기록하였으므로 이에 대한 구성비가 더 높아 질 것으로 전망된다.

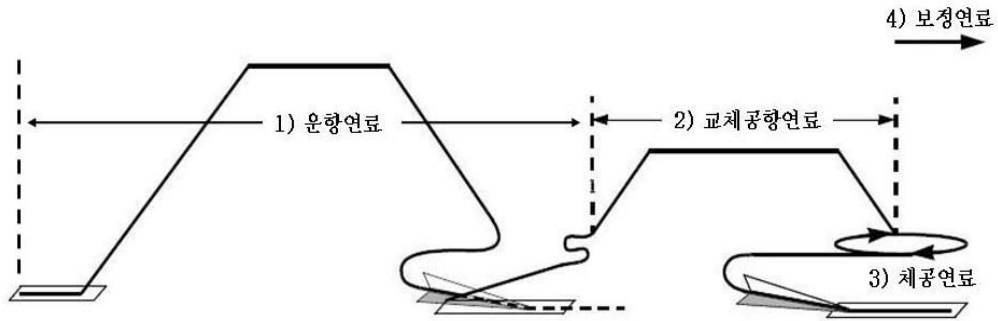
### 4. 항공기 운항과 연료 요구량

#### 가. 국제민간항공기구 연료요구량

세계적으로 항공기와 관련된 법규는 국제민간항공기구(ICAO)의 표준과 권고(standards and recommended practices)를 근거로 한 미국의 FAR과 EU국가의 법규로 크게 대별된다. 이 가운데 연료탑재에 관한 ICAO의 표준과 권고에 의하여 국제적으로 사용되는 연료탑재요구량 중 보정연료(contingency fuel)에 관련된 사항은 다음과 같다.

목적지 교체공항이 필요한 경우, 터보제트엔진 항공기가 탑재하여야 할 최소연료량은 다음과 같으며 별도의 보정연료의 탑재에 대한 언급은 없다[2].

- 1) 목적지공항까지 가서 접근을 시도하고 실패접근을 한번 시도하는데 필요한 연료의 양
- 2) 비행계획서(flight plan)에 명시된 교체공항까지 비행하는 데 필요한 연료의 양
- 3) 표준온도조건에서 교체공항 상공 450미터(1,500 피트)에서 30분간 체공속도로 체공하고, 접근하여 착륙하는데 필요한 연료의 양
- 4) 해당국가의 요구량을 충족시키도록 규정된 비상시에 사용할 수 있는 충분한 추가 연료량 위의 항목들을 운항단계와 연결하여 보면 <그림 2>와 같다.



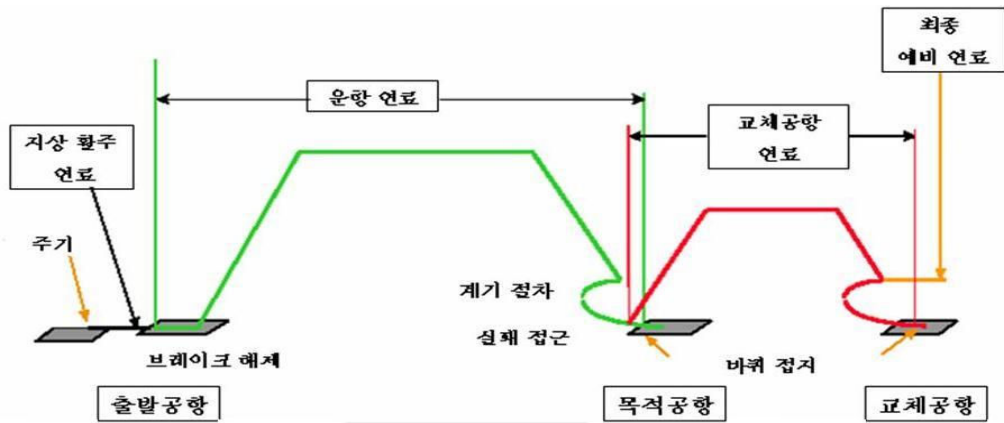
<그림 2> ICAO 연료요구량

나. 미국연방항공청(FAA) 연료요구량

계획된 항로를 따라 안전하게 운항하기 위하여 필요한 연료량은 매 비행마다 계산하여야 하며 각 항공사의 운영자들은 독자적인 연료정책을 가질 수 있으나 여기에는 규정된 최소연료요구량의 탑재와 관련된 내용이 포함되어야 한다. 미국에서 국내선 및 국제선을 운항할 경우에는 다음과 같은 조건에 해당하는 연료를 탑재하여야 한다[8].

1) 국내선 운항에 필요한 연료요구량[9].

- (1) 목적 공항까지 비행하는 연료
- (2) 교체공항이 필요한 경우, 가장 먼 교체공항까지 비행하는 연료
- (3) 정상 순항시의 연료소모량으로 45 분간 비행할 수 있는 연료



<그림 3> 미국 국내선 운항 시 연료탑재량

따라서 국내선 비행계획을 수립할 때 계산되는 최소연료량은 다음과 같이 정의된다.

$$Q = \text{taxi fuel} + \text{TF} + \text{AF} + \text{FR}$$

- 여기서 taxi fuel = 지상 활주 연료
- TF = 운항 연료 (Trip Fuel)
- AF = 교체공항 연료 (Alternate Fuel)

FR = 최종 예비연료 (Final Reserve Fuel)

운항단계별로 필요한 연료량을 표시하면 <그림 3>과 같다.

2) 국제선 운항에 필요한 연료요구량[8].

- (1) 목적 공항까지 비행하는 연료
- (2) 출발공항에서 목적 공항까지의 예상비행시간의 10% 에 해당하는 연료
- (3) 교체공항이 필요한 경우, 가장 먼 교체공항까지 비행하는 연료
- (4) 교체공항(또는 교체공항이 필요하지 않은 경우는 목적 공항) 상공 1,500 피트에서 표준온도 상태로 30 분간 제공할 수 있는 연료[10].

따라서 국제선 비행계획을 수립할 때 계산되는 최소연료량은 다음과 같이 정의된다.

$$Q = \text{taxi fuel} + \text{TF} + \text{CF} + \text{AF} + \text{FR}$$

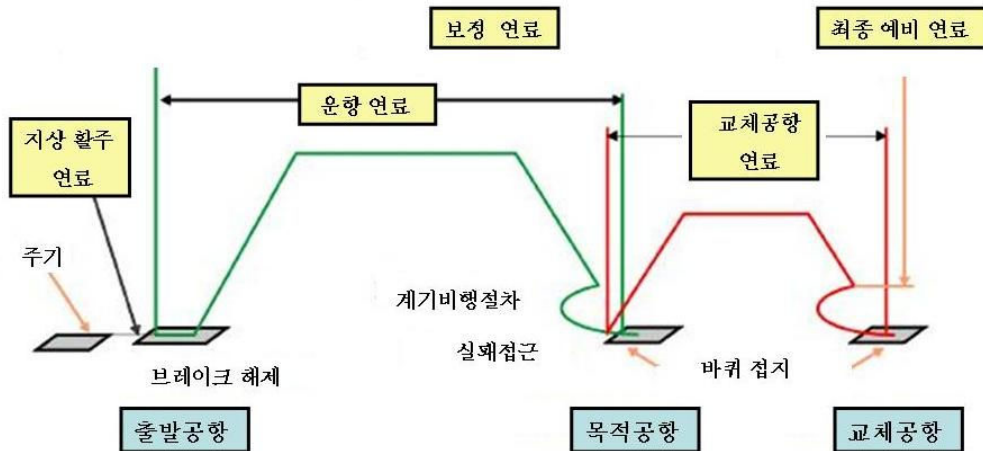
여기서 taxi fuel = 지상활주 연료

TF = 운항 연료 (Trip Fuel)

CF = 보정 연료 (Contingency Fuel)

AF = 교체공항 연료 (Alternate Fuel)

FR = 최종 예비연료 (Final Reserve Fuel)



<그림 4> 미국 국제선 운항 시 연료탑재량

<그림 4>는 운항단계 별로 연료량을 표시하고 있으며, 매 비행마다 아래의 운항조건을 고려하여야 한다.

- 실제 항공기 연료소모 자료
- 예상 중량
- 예상 기상조건

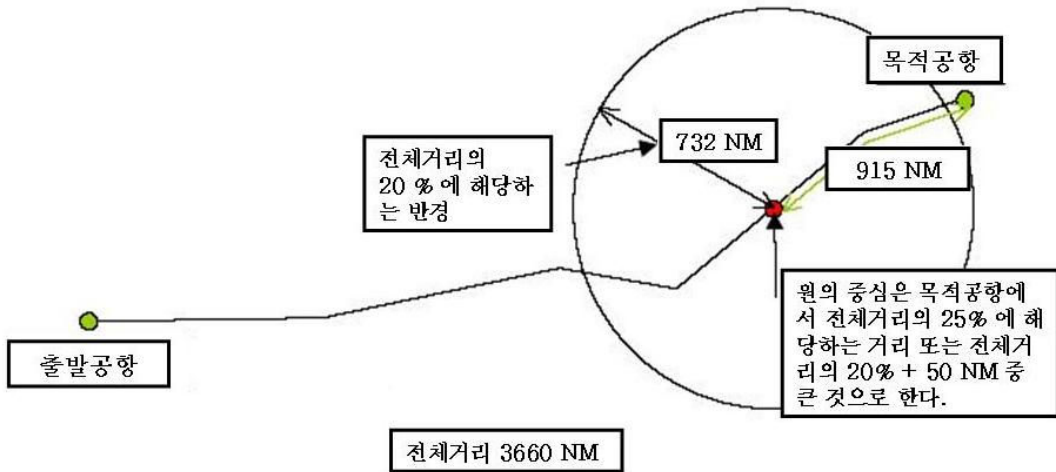
● 항공교통업무(ATS)의 절차 및 제한사항

다. 유럽통합항공청(JAA) 연료요구량

유럽연방항공청의 연료요구량은 미국연방항공청의 국제선 요구량과 대동소이하고, 보정연료(contingency fuel) 에서만 차이점을 보이고 있다[11].

유럽방식에서 보정연료는 다음의 두 가지 중 큰 쪽을 탑재하여야 한다.

- 1) 표준대기조건에서 체공속도로 목적공항 상공 1500 피트에서 5분간 비행에 필요한 연료
- 2) 다음의 양 중 하나 ;
  - (1) 운항연료의 5%
  - (2) 감항성 인가를 받고, 비행 중 교체공항을 사용할 수 있는 경우 운항연료의 3%
  - (3) 감항성 인가를 받고, 표준대기 조건에서 체공속도로 목적공항 상공 1500 피트에서 15분간 비행하는데 필요한 연료; 항공기 운영자는 기종별 구간별 연료소모량을 감시하는 프로그램을 보유해야 하며, 통계적으로 보정연료(contingency fuel)를 계산하는데 이런 프로그램을 사용해야 한다.
  - (4) 항공기 운영자가 개별 항공기에 대한 연료소모감시 프로그램을 보유하고 연료계산에 그 결과를 사용한다면, 운항연료소모량에 근거하여 20분간 비행할 수 있는 연료



<그림 5> 보정연료를 운항연료의 3%로 적용하는 조건

위의 보정연료 항목 중 운항연료의 5%, 또는 조건 충족 시 운항연료의 3%가 가장 크게 되므로 이 가운데 하나를 보정연료로 적용하고 있다. 유럽방식을 적용하는 대부분의 국가는 보정연료로 운항연료의 5%를 탑재하고 있지만, 노선구조에 따라 운항연료의 3%를 탑재하는 경우도 있다. 보정연료를 운항연료의 5%에서 3%로 적용하는 방법은 <그림 4>와 같은데 비행 중 교체공항이 전체 비행계획거리의 20%에 해당하는 반경으로 이루어진 원안에 있고, 원 중심은 목적공항으로 부터 전체 비행계획거리의 25%에 해당하는 지점에 있거나 또는 전체 비행계획거리의 20%에 50nm 을 더한 거리 중 큰 것으로 한다[11].

라. 국내법상의 항공기 연료요구량

항공법 시행규칙에서의 연료요구량은 국제민간항공기구의 표준과 동일하다. 터보제트항공기가 계기비행으로 교체비행장이 필요할 경우, 항공기에 실어야 할 연료의 양은 다음과 같다[12].

- 1) 최초의 착륙예정비행장까지 비행하여 1회의 접근과 실패접근을 하는데 필요한 연료의 양
  - 2) 최초의 착륙예정비행장에서 순항속도로 교체비행장까지 비행하는데 필요한 연료의 양
  - 3) 교체비행장에서 표준기온으로 450미터(1,500피트)의 상공에서 30분간 체공하는데 필요한 연료의 양에 그 비행장에 접근하여 착륙하는데 필요한 연료의 양을 더한 양
  - 4) 이상사태 발생 시 연료소모가 증가할 것에 대비하여 건설교통부장관이 정한 추가연료량
- 위의 4)번 항인 보정연료에 대해서는 고시로 발행된 운항기술기준에 의거 미국연방항공청 방식을 따르도록 하고 있으며 내용(운항기술기준, 2004)으로는 “법정연료를 계산하는 자는 해당 편 법정연료에 이륙부터 목적지비행장까지 소요되는 전체 비행시간의 10% 시간에 해당하는 예비연료량을 포함시켜야 한다.”[13]

그러나 국내선에 적용하는 별도의 연료탑재기준이 없으므로 국내선도 미국연방항공청의 국제선 연료탑재기준을 적용하고 있는데 이에 따른 국내항공사의 탑재연료분류는 <표 2>와 같으며, 회사정책에 따라 최소연료탑재량 외에도 상황에 따라 별도로 추가연료를 탑재하고 있다.

<표 2> 국내항공사 탑재연료 분류

탑재연료 구성		내 용
지상활주 연료		○ 엔진시동, 보조동력장치(APU)사용 및 지상활주에 사용 되는 연료
운항연료		○ 출발공항에서 최초 착륙예정공항까지의 비행에 필요한 연료
법정 예비 연료	보정 연료	○ 계획된 비행으로부터 이탈에 대비한 연료 (예상비행시간의 10%)
	교체공항연료	○ 목적공항에서 교체공항까지 비행하여 착륙하는데 필요한 연료
	체공 연료	○ 교체공항 1,500 feet 상공에서 30분간 체공하는데 필요한 연료
항공사 예비 연료	추가 연료	○ 조우 가능한 지연상황을 예상하여 추가로 탑재하는 연료
	Pad 연료	○ 과도한 연료소비로 인해 Refile*공항으로의 회항을 방지 하는 연료
	Tankering연료	○ 목적공항의 연료보급가능성, 유류단가차이등을 고려한 추가탑재연료

자료원 : 대한항공 비행운영규정[14]

5. 연료요구량에 따른 효과성 분석

대한항공의 경우 B747-400을 포함하여 00개의 기종이 운용되는데 본 연구에서의 연료 요구량 기준에 따른 효과성 분석은 대한항공에서 장거리를 운항하는 기종으로 구분 될 수 있는 B747-400 항공기와 중거리 기종인 A-330항공기를 대상으로 하였다. 운항구간은 인천-방콕 구간과 인천-자카르타 구간의 두 종류에 대한 운항연료를 분석하였으며 분석도구는 대한항공에서 운영하는 노선분석 시스템을 이용하였으며, 적용방식은 유럽방식 가운데 운항연료의 5%를 보정연료로 탑재하는 기준을 적용하였다. 본 연구에서 분석 대상으로 활용된 두 기종에 대한 연료 관련 제원은 <표 3>과 같다.

\* 안전운항을 보장하면서 보정연료탑재를 최소화하여 연료소모를 줄이거나 유상하중을 높이는 비행계획방법으로 JAR에서는 “Decision Point 절차” 라고 한다. 항공사에서는 보통 8시간 이상의 비행구간에서 적용한다.



**<표 3> 분석기종 연료소모 제원표(여객기)**

기종	최대이륙중량 (lb)	최대연료탑재량 (USG / lb)*	시간당 평균연료 소모량(USG/lb)	Surplus Fuel Ratio†
B747-400	857,000	57,285 / 383,810	3,539 / 23,711	0.027(2.7%)
A-330	477,400	25,859 / 173,255	1,896 / 12,703	0.0315(3.15%)

가. B747-400의 효과성 분석

분석기종의 연료소모와 항공기의 운항구간에 대한 자료를 통하여 보정연료의 탑재방식과 관련 연료와의 관계를 분석한 결과, B747-400의 최대유상하중(maximum payload)을 기준으로 한 경우 <표 4>와 같이 비행시간이 4시간 58분인 인천-방콕 구간에서 588lb의 운항연료가 절감되었다. 또한 <표 5>와 같이 최대유상하중 (maximum payload)을 기준으로 한 경우 비행시간이 6시간22분인 인천-자카르타 구간에서는 1,050lb의 운항연료가 절감되었다. 구간별로 차이가 나는 것은 비행시간에 따른 보정연료의 차이 때문이다. 현재 국내항공사에서 8시간 이상의 구간은 보정연료를 최소화하기 위해 Refile 절차를 사용하고 있으므로, 8시간 이상 구간은 그 효과가 미미하여 분석에서 제외하였다.

**<표 4> 인천-방콕 구간 연료분석(B747-400 여객기, 년 평균 기상 적용)**

연료탑재방식	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 5> 인천-자카르타 구간 연료분석(B747-400 여객기, 년 평균 기상 적용)**

연료탑재방식	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

나. A330의 효과성 분석

중거리 기종인 A-330 항공기로 인천-방콕 구간을 분석한 자료는 <표 6>과 같다. 이 구간은 비행시간이 5시간10분이며, 운항연료는 550lb가 절감될 수 있는데 B747-400과 비행시간이 다른 것은 순항속도가 다르기 때문이다. 인천-자카르타 구간은 <표 7>과 같이 분석되었는데 구간 비행시간이 6시간39분으로 848lb의 운항연료가 절감되며 특히, 이 구간은 최대이륙중량에 제한이 있는 구간이므로 수요가 충분하다면 보정연료의 차이인 3,255lb의 유상하중(payload)을 증가시킬 수도 있으므로 이 경우에 승객이나 화물탑재로 인한 수입을 통하여 연료절감액을 훨씬 상회하는 이익을 얻을 수도 있다.

\* USG=US G/A, lb=pound

† 단위중량(1lb) 당 단위시간(1hr) 당 연료소모량 증가 비율.

**<표 6> 인천-방콕 구간 연료 분석(A-330여객기, 년 평균 기상 적용)**

연료탑재방식	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 7> 인천-자카르타 구간 연료 분석(A-330여객기, 년 평균 기상 적용)**

연료탑재방식	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. 결 론

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 항로우회인데, 최근에는 인공위성을 이용한 기상예측의 정밀성이 높아졌기 때문에 보정연료의 사용비율이 더욱 낮아지게 되었다. 2003년도 대한항공에서 운항한 국제선 운항회수는 52,384 편이다[15]. 중, 장거리 기종(A-330 항공기급 이상)의 일평균 가동시간이 12시간 정도이다[7]. 시간당 평균 연료 절감량 129lb (B747-400과 A-330의 평균치)를 적용하여[16] 연간 연료 절감량을 계산하면 약 1,210만 G/A이 절감된다. 유가를 배럴당 50달러 및 환율을 1,100원으로 가정하여 금액으로 환산하면 년 간 158억 원을 절감할 수 있다. 이 수치는 8시간 이상의 구간에서 적용하는 Refile 절차 때문에 약간 줄어들 수 있으나, 법정예비연료 중의 하나인 보정연료 탑재방식을 변경하여 이를 수 있는 에너지 절감량은 상당한 금액이다. 그리고 현재 하위법령인 고시로 발행된 운항기술기준을 개정하는 것으로 가능한 일이다. 언제든지 닦칠 수 있는 고유가 시대를 대비하여 항공기 연료탑재방식을 유럽통합항공청 방식으로 변경하는 것도 에너지절감 방안의 하나로 제시할 수 있겠다.

### 참 고 문 헌

- [1] 대한항공, "상반기/3분기 손익계산서," 2004.
- [2] ICAO, Annex6. Part1.4.4.6.3, 2003.
- [3] 최일규, "항공기운항의 효율화방법 연구", 한국항공대학교 논문집, 제22권, 1984, pp. 35-46.
- [4] Vranas, et. al, " The multi airport ground holding problem in air traffic control", Operation Research Vol.42, no.2, 1994, pp.249-261.
- [5] 윤승중, 한정근, "운항환경변화 요인에 관한연구," 한국항공운항학회지, 제1권, 1993, pp.37-66.
- [6] 이태원, "항공운송론," 시그마프레스, 서울, 1991.
- [7] 대한항공, "기종별 비행시간 실적(1월-10월)." 2004.
- [8] FAR, Part 121.645 Subpart U, 2003.
- [9] FAR, 121.639 Subpart U, 2003.
- [10] 조은경, 김병중, "대체공항선택요인에 관한 연구," 한국항공운항학회지, 제7권, 1999, pp.77-89.

- [11] JAR, OPS 1.255(부록1), 2004.
- [12] 국내항공법 시행규칙 제136조 별표19, 2004.
- [13] 건설교통부, “고시 운항기술기준 8.2.5.19 다항,” 2004.
- [14] 대한항공, “비행운영규정 6.2.3.” 2004.
- [15] 한국공항공사, “항공통계”, 2003.
- [16] Fuel Planning and Management, Airbus Industry, 2003.