

## 論文

## 기상 전용 항공기 도입 및 운영방안 연구

한경근\*, 김영철\*, 박수복\*

## Study on the Specification and Operation Plan of the Meteorological Purpose Aircraft

Kyoung-Keun Han\*, Young-Chul Kim\* and Soo-Bok Park\*

## ABSTRACT

The Prime objectives of this study are to identify and analyze possible solutions and select a solution for the specification and operation plan of the meteorological purpose aircraft in Korea. Infrastructure like meteorological purpose aircraft and aircraft operating systems should be set up and their efficient plan must be established to improve meteorological technic in Korea.

As a result of the study, we have found that the turboprop engine powered aircraft is the most suitable to initial model for the meteorological purpose aircraft. It was found that the indirect operation method might be the best solution, also. The results of this study may be useful to make decision for selecting specification and operation of the meteorological purpose aircraft.

**Key Words** : Meteorological Purpose Aircraft(기상전용항공기), Aircraft Selection(기종 선정), Aviation Weather(항공기상), Weather Observation(기상관측)

## 1. 서 론

우수한 기상 서비스를 제공하고, 높은 신뢰성을 갖는 기상 예보를 만들기 위해서는 수치예보 모델의 개선과 예보능력 향상이 중요하다고 할 수 있다. 특히, 수치예보 모델에 기초 자료로 활용되는 기상 관측 자료의 다양성과 고품질화는 필수적이다. 선진국에서는 예보 정확도 향상을 위해 수치예보 모델에 투입되는 지상관측자료 뿐만 아니라 레윈존데(Rawinsonde), 윈드프로파일러(Windprofiler), 항공기 관측 등의 고층 관측 자료, 그리고 기상위성, 기상레이더 등 다양한 자료의 수평 및 수직적인 공간

분포를 균형 있게 처리함으로써 수치예보 모델의 정확성을 향상시키고 있다.

우리나라는 내륙 지역에서는 많은 기상 관측 자료를 획득할 수 있으나, 서해와 남해 등 해상에서는 기상 관측 자료를 획득하기 매우 어려워 광범위한 해상이 관측 공백 지역으로 남아 있는 실정이다. 비록, 해상에서의 관측 자료를 입수하기 위해서 해양 기상관측용 부이(Buoy)나 기상 관측 선박을 이용하기도 하지만 이러한 경우에도 고층 관측에는 큰 한계에 부딪치게 된다. 특히 중위도 편서풍대에 속한 우리나라는 서해상의 광범위한 관측 공백 지역은 매우 치명적이라고 할 수 있다. 수치예보의 경우도 서해상의 자료가 없어서 발생하는 오차가 모델의 정확도를 저하시킬 수밖에 없는 것이다[1].

기존 관측과 감시의 한계를 극복하기 위한 최선의 대안 중 하나가 항공기를 이용한 관측이다. 즉, 항공기 관측은 관측이 어려운 지역이나 관측이 반드시 필요한 현장의 직접 관측이 가능하고, 자료가

2009년 12월 14일 접수~ 2009년 12월 19일 심사완료

\* 한서대학교 항공운항학과

연락처, E-mail : kkhan@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신온리 산 105번지

한서대학교 태안캠퍼스

필요한 시간 범위에서 광범위한 지역에 대한 기상 조건을 감시할 수 있는 최적의 도구인 것이다.

그러나 항공기를 기상 분야에서 사용하기 위해서는 가격과 유지·관리 측면에서 많은 제약이 따르게 된다. 항공기 가격 면에 있어서는, 기상으로 인한 재해로 발생하는 국가의 손실과 비교해 보았을 때 어느 정도 수용이 가능하지만, 유지 및 관리는 그 나라의 항공 산업의 인프라에 의해 효율성이 결정될 수 있다. 현재 우리나라는 국력이나 기상청의 규모로 보아 항공기를 기상 분야의 관측 및 연구 도구로 사용할 수 있는 위치에 도달한 것으로 판단된다. 또한 매년 발생하는 기상재해나 기상 예보의 정확성 향상을 위해서는 항공기를 이용하는 것이 획기적인 전기가 될 것으로 보인다. 그러나 도입된 항공기의 적절한 유지관리를 위해서는 우리나라 항공 산업의 인프라를 고려하여 적절한 방안 모색이 필요하다.

이 연구의 구성은, 선진국의 기상 전용 항공기의 활용 분야를 조사하고, 이를 바탕으로 우리나라에서의 기상 전용 항공기의 활용 방안 및 활용 범위를 제안하였다. 또한 기상 전용 항공기 도입과 운영에 따른 법률적, 제도적 절차를 검토하고, 우리나라 현실에 부합하는 전용 항공기의 성능을 사례를 들어 분석하였다. 마지막으로 도입된 기상 전용 항공기의 효율적 유지 및 관리 방안을 검토하여 최선의 방안을 제시하였다.

## II. 본 론

### 2.1 국내·외 기상전용기 운영현황

우리나라가 도입하려는 기상전용항공기의 활용 방안과 항공기의 선정에 요구되는 자료 분석을 위하여 선진국에서 사용되고 있는 기상전용항공기([Table 1] 참조) 및 국내의 항공기 활용 사례([Table 2] 참조)를 조사하였다[2]. 선진국의 경우 대기과학 및 환경관련 대학 및 연구기관에서 항공기를 운영하는 경우가 많으나 본 연구에서는 사용용도가 기상전용항공기인 경우로 제한하여 조사하였다.

기상 전용 항공기를 활용하는 선진국과 비교하여 국내의 활용 실적은 극히 저조한 상황이다. 미국의 경우, 항공기를 활용하여 위험기상을 동반하는 폭풍의 진로와 강도 예측 능력이 10~20% 정도 증대되었으며, 허리케인 내습 시에는 진로와 강도 예측 능력이 20% 이상 향상되었다는 결과가 보고되었다.

선진국의 활용사례는 대기과학 분야에서 항공기

관측에 대한 필요성과 중요성을 보여주는 것으로, 우리나라에서의 기상 전용 항공기의 도입 운영 시 벤치마킹(benchmarking)할 수 있을 것으로 본다.

Table 1. 외국의 기상전용항공기 운영 사례

국가	운영기관	기종	주요용도
미국	NOAA/AOC	King Air C-90 외 5 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 기후변화</li> <li>▷ 태풍</li> <li>▷ 대기환경</li> </ul>
	NASA/ASP	Learjet 23 외 13 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 기후변화</li> <li>▷ 에어로솔</li> <li>▷ 위성 검보정</li> <li>▷ 대기관측, 대기질</li> <li>▷ 지형변화</li> <li>▷ 장비 검보정</li> </ul>
	NCAR/RAF	C-130 외 2 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 에어로솔</li> <li>▷ 태풍</li> <li>▷ 위성 검보정</li> <li>▷ 대기관측, 대기질</li> <li>▷ 지형탐색</li> </ul>
일본	국립환경 연구소	YUN-12	▷ 대기 에어로솔
	기상연구소	Cessna 404	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 기상조절</li> </ul>
중국	기상조절센터	MA-60, An-26 등 6개 기종 34대	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 기상조절</li> <li>▷ 대기관측, 대기질</li> </ul>
영국	Meteorological Office	C-130 외 3 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 기후변화</li> <li>▷ 에어로솔</li> <li>▷ 위성 검보정</li> <li>▷ 관측시스템, 예측가능성</li> </ul>
캐나다	NRC/CNRC	Convair 580 외 4 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 에어로솔</li> <li>▷ 태풍</li> <li>▷ 위성 검보정</li> <li>▷ 대기화학</li> </ul>
독일	DLR	ATTAS 외 4 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 대기관측</li> <li>▷ 관측시스템</li> </ul>
호주	ARA	Cessna 404 외 4 기종	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 구름물리</li> <li>▷ 대기관측, 대기질</li> <li>▷ 에어로솔</li> <li>▷ 태풍</li> <li>▷ 위성 검보정</li> </ul>

Table 2. 국내 기상항공기 운영 사례

운영기관	기종	주요용도
국립 기상연구소	Cessna 205C (임차)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▷ 상시 증설테스터 실험</li> <li>▷ 봄철 황사관측</li> <li>▷ 관측시스템 연구</li> <li>▷ 예측가능성 실험</li> </ul>
국립 환경과학원	PA-31 (임차) CL-604	▷ 대기질, 에어로솔
해양경찰청	Bell-412 AS-565	▷ 해양오염감시

## 2.2 기상 전용 항공기 활용 범위

항공기를 이용한 관측은 지상에서 수행하는 관측에 병행하여 수행함으로써, 보다 정확하고 신뢰성 있는 직접 관측 자료를 공급하여 일기 예보의 정확성을 높이고 있다. 이러한 항공기를 활용한 관측 분야는 기상 및 대기 환경 관측의 기본 기상 관측, 위험기상 감시, 대기 오염 이동 및 황사 등 대기 에어로졸 측정, 구름의 물리·화학적 특성과 복사에너지 측정 그리고 방재 기상과 기상 조절 등에 관련된 응용 분야로 구분할 수 있다(NRC, 2003).

항공기를 이용한 기상 및 대기관측의 용도 및 사례를 정리하면 다음과 같다.

- 기본 관측 및 위험기상 감시
  1. 기본 표준 기상 관측
    - 가. 기온, 노점 온도 관측
    - 나. 습도 및 풍향풍속
    - 다. 기압
  2. 위험기상 감시와 방재 기상
    - 가. 위험기상 감시
    - 나. 방재 기상 항공 관측
    - 다. 태풍, 호우 등 위험기상 및 공백 지역 관측
- 대기 화학 및 복사 에너지 측정
- 구름 물리 및 에어로졸 측정
  1. 구름 및 강수 입자의 분포 측정
  2. 항공 탑재용 구름 물리 측정기기
  3. 대기 입자 측정기기
- 항공기의 기상 자원 활용 및 기상 조절 연구
  1. 인공강우 Cloud Seeding
  2. 항공 약재 살포

## 2.3 기상 전용 항공기 요구사항

### 2.3.1 국제규정에 의한 요구사항

항공기에 대한 기술적인 기준은 민간 운용 항공기에 대한 기술 기준(예, FAR part 23, part 25, JAR part 23, part 25, CS-23, CS25)에 적용된다. 또한 기상관측용 장비를 항공기 외부에 장착할 경우 항공기의 개조가 필요하다. 이는 형식증명을 받은 항공기의 형식설계에 '중대한 변경(major change)' 사항을 반영하여 개조하고자 하는 경우에 해당되어 감항기술기준의 요구조건에 적합함을 입증하고 인증을 받는 부가형식증명(STC : Supplemental Type

Certificates)을 받아야 하며, 국내로 도입될 경우 STC 확인서(Validation) 역시 필요하다.

국제 규격에 적합한 기상 전용 항공기 선택 시 고려되어야 하는 사항을 정리하면 다음과 같다[3].

1. 내부공간
2. 항속거리 및 시간
3. 비행속도 및 고도
4. 야간 및 계기비행 능력
5. 소음 및 진동
6. 내부전원
7. 장비 확장성
8. 자동비행장치

### 2.3.2 국내규정에 의한 요구사항

기상 전용 항공기가 갖추어야 할 조건들에 대하여 국내 규정에는 특별하게 명시된 것이 없으며, 다만 안전한 운항을 위하여 항공기가 갖추어야 할 장비 및 성능 등에 대하여 항공법, 시행규칙, 운항기술기준 등에 제시된 기본적인 탑재 장비를 탑재하여야 하며 이에 따른 관련 법규는 국제 수준에 적합하게 되어 있는 국내 항공법 시행규칙, 운항기술기준 및 항공기기술기준 등에 명시되어 있다. 항공기 기본 탑재 장비와 관련된 항공법 시행규칙에는 무선 설비, 산소 공급 장치, 기압 저하 경보 장치 등, 항공 계기 장치, 동결 방지 장치, 사고 예방 장치 등, 항공기의 등불에 대하여 명시하고 있다 [4][5][6][7].

기타 고려 사항으로 내부 공간 등의 확장성, 자체 전원의 구비 여부, 미래항행시스템의 적용 가능성 등이 있다.

## 2.4 기상 전용기 운영기지의 선정

기상 전용 항공기의 원활한 임무 수행을 위하여 국내에 위치한 공항 혹은 비행장을 모기지로 선택하여 운영되는 것이 예상된다. 국내의 대부분의 공항은 군용 혹은 민군 겸용으로 운영이 되고 있으며, 이에 따른 제한 사항이 상존한다고 볼 수 있다. 공항의 항행안전시설 역시 중요한 고려요소로 볼 수 있다. 야간비행과 계기비행 기상상태에서의 운항이 가능한 지 여부는 운영 일수에 큰 영향을 주는 요소이다. 또한 공항 혹은 비행장 내에서 항공기 운영과 관리를 위한 서비스를 제공 받을 수 있는지의 여부도 매우 중요한 고려 사항이라고 볼 수 있다.

따라서 적절한 기종의 선정과 더불어 적절한 운영 공항 혹은 비행장을 선택하는 것이 무엇보다도

중요한 의사 결정 사항이 될 수 있다.

우리나라 비행정보구역 내의 전 지역과 주변국의 일부를 포함하는 임무 영역 내에서 원활한 관측 및 연구를 수행하기 위하여 서해안권, 동해안권 남해안 및 제주 권을 구분하여 서해안권의 김포, 무안, 태안, 동해안권의 양양, 남해안 및 제주권의 제주, 여수 등의 공항 및 비행장을 임무 기지로 선택할 수 있다. 다만 동해안에 임무기지가 위치할 경우 주요 관측 및 연구 지역인 서, 남해안으로의 이동과 복귀에 많은 거리가 소요 되어 실질적인 관측임무에 제한을 줄 수 있다고 판단된다.

임무기지의 선택에 있어서 민·군 공동사용 기지는 효율적인 운영에 있어서 많은 제한사항이 예상되어 고려에서 제외하였다.

권역별 주요 공항의 수용능력을 분석내용을 [Table 3]에 나타내었다.

Table 3. 권역별 주요 공항의 수용 능력

권역	공항	활주로 (m)	계류장(㎡) (주기대수)	항행안전 시설	운항횟수 (회/년)	최저착 륙시정
서해	김포	3,200×60 3,600×45	1,199,267 (133)	ILS 외 4중	226,000	RVR 200
	무안	2,800×45	90,692 (9)	ILS 1식	140,000	RVR 550
	태안	1,100×25	8,100 (5)	항공등화	18,000	VFR
남해 / 제주	제주	3,000×45 1,910×45	257,290 (26)	ILS 외 4중	143,000	RVR 550
	여수	2,100×30	41,868 (5)	VOR/DME 외 1중	60,000	RVR 550
동해	양양	2,500×45	45,250 (4)	ILS 외 2중	43,000	RVR 550

### 2.5 기상전용기 기종별 분석[8][9][10]

기상 전용 항공기의 기종 선정에 앞서 기상 전용 항공기의 임무 범위가 결정되는 것이 필요하다. 임무의 범위는 수평적 범위와 수직적 범위 그리고 시간적 범위가 포함되며, 이는 항공기의 성능 중 최대 비행거리, 최대 고도 및 최대 비행시간 등의 조건을 비교하여 분석할 수 있다.

본 연구에서는 기상 전용기의 임무 범위를 특정하지 않은, 광의의 기상 관측 및 연구를 수행할 수 있는 대표 기종을 엔진의 형식 별로 2개 기종씩 선정하여 사례로서 분석하였다. 제시된 사례는 비교 분석을 위한 목적으로 현재 생산되고 있는 기종 중에서 선정하였으며 최종 대안으로 제시된 기종이 아님을 밝힌다.

#### 2.5.1 운영 및 경제성 비교

### 1. 항공기 일반 사항 비교

기상 전용 항공기의 운영 및 경제성 비교를 위하여 엔진의 형식에 따른 6개 기종의 가격을 비교하였다 (Table 4). 가격 정보는 2008년 가격을 기준으로 작성하였으며 개조에 소요되는 비용은 포함하지 않았다.

Table 4. 항공기 일반 사항 비교

기종/제작사	가격(\$) (2008년 예상가)	왕복 엔진	터보 프롭	터보 제트
Cessna 172S, Sky Hawk(미국)	300,000	○	×	×
Piper PA-44, Seminole(미국)	650,000	○	×	×
King Air C90B Raytheon (미국)	3,500,000	×	○	×
Executive 1900D Raytheon (미국)	6,000,000	×	○	×
Citation X(CE-750) Cessna(미국)	21,000,000	×	×	○
Hawker 850XP Hawker Beechcraft (미국)	22,000,000	×	×	○

### 2. 항공기 기본 조건 비교

기상 전용 항공기의 기본적 특성을 비교하기 위하여 6개 기종의 자력 시동 가능 여부, 이륙 시 소음도, 탑승 인원, 실속 속도와 고도별 특성 등을 비교하였다(Table 5). 자력 시동의 경우 터보제트항공기의 경우 APU가 장착되어 가능한 것으로 조사되었고, 운용 고도 면에서는 왕복 엔진의 경우 14,000~15,000피트 이상의 임무 수행이 불가능하고 터보프롭 항공기의 경우 FL300~FL330까지 가능한 것으로 나타났다. 터보제트 항공기의 경우 FL430~FL510까지의 고고도 임무 수행이 가능한 것으로 조사되었다.

Table 5. 항공기 기본 조건 비교

기종	자력 시동	탑승 인원	저고도 특성	저고도 안정성	실속 속도 (kts)	중/고고도
Cessna 172S	없음	4	우수	우수	53	14,000 이상 불가
Piper PA-44	없음	4	우수	우수	57	FL150 이상 불가
King Air C90B	제한적	6	양호	미흡	78	FL300 이상 불가
Executive 1900D	제한적	19	우수	우수	84	FL330 이상 불가
Citation X (CE-750)	있음	12	보통	보통	-	양호
Hawker 850	있음	10	보통	보통	-	양호

### 3. 항공기 성능 조건 비교

기상 전용 항공기의 성능 특성을 비교하기 위하여 6개 기종의 상승고도, 최대속도, 순항속도, 비행거리,

탑재연료, 이착륙거리, 이륙중량 및 상승률 등을 비교하였다. 비행 거리와 항속 시간 요소에서 왕복엔진 항공기의 경우 국지 비행 등 제한적 운영이 필요한 것으로 나타났고, 터보프롭 항공기의 경우 1,400~1,700 NM의 비행 거리를 나타내고 있어 국내 비행 정보 구역 내에서의 비행에 지장이 없을 것으로 판단되었다. 터보제트 항공기의 경우 2,400~3,200 NM의 비행 거리를 나타내고 있어 국내뿐만 아니라 일본, 중국 등 주변국까지도 임무가 가능할 것으로 판단하고 있다.

Table 6. 항공기 성능 조건 비교

기종	상승 고도 (FL)	최대 속도 (IAS)	순항 속도 (kts)	비행 거리 (nm)	탑재 연료 (lb)	이륙 거리 (ft)	착륙 거리 (ft)	이륙 중량 (lb)
Cessna 172S	140	126	124	518	375	960	575	2,550
Piper PA-44	150	168	162	770	724	2,200	1,490	3,800
King Air C90B	300	-	247	1,400	2,573	2,710	2,290	10,100
Executive 1900D	250	-	284	1,708	4,485	3,737	2,720	17,120
Citation X (CE-750)	510	M 0.92	525	3,216	12,931	5,140	3,400	36,100
Hawker 850	430	M 0.87	456	2,392	10,000	5,032	2,650	28,000

4. 탑재 장비 확장 및 운용 측면 비교

기상 전용 항공기의 확장성 및 운용성을 비교하기 위하여 6개 기종의 내부 공간, 동체의 크기, APU 장착 여부, 화장실 및 주방 설치 여부 등을 비교하였다 (Table 7). 터보제트 항공기를 제외하면 APU가 장착된 기종은 없었으며 내부 공간은 1900D 기종이 우수한 것으로 나타났다. 전반적으로 확장 및 운용성은 비교 대상 항공기 중에서 터보제트 항공기가 우수한 특성을 보이는 것으로 나타났다.

Table 7. 항공기 확장 및 운용성 비교

기종	확장성	내부공간/외형 L×H×W (m)	APU	화장실 주방
Cessna 172S	미흡	-	×	×
Piper PA-44	미흡	2.46×1.05×1.25 11.75×8.41×2.59	×	×
King Air C90B	미흡	3.78×1.45×1.37 15.32×10.82×4.34	×	주방
Executive 1900D	우수	12.03×1.80×1.37 17.67×17.63×4.57	×	주방
Citation X (CE-750)	양호	7.16×1.73×1.70 19.38×22.05×5.84	○	○
Hawker 850	양호	6.50×1.83×1.75 15.66×15.60×5.51	○	○

5. 항공기 운용 거리별 비교

기상 전용 항공기의 운용 거리 별 비교를 위하여 300NM 및 1,000NM 비행에 요구되는 시간과 사용 연료의 양, 운용 고도 등을 비교하였다(Table 8).

속도 특성은 터보제트 항공기가 우수하게 나타났으며, 연료 소모량은 터보프롭 항공기가 우수한 특성을 보이는 것으로 나타났다.

Table 8. 항공기 운용 거리 비교

기종	300nm			1000nm		
	비행 시간 (hr+min)	사용 연료 (lb)	운용 고도 (FL)	비행 시간 (hr+min)	사용 연료 (lb)	운용 고도 (FL)
Cessna 172S	-	-	-	-	-	-
Piper PA-44	-	-	-	-	-	-
King Air C90B	1+21	711	210	4+25	1,992	230
Executive 1900D	1+08	1,038	230	3+40	2,994	240
Citation X (CE-750)	0+42	1,633	390	2+09	3,899	450
Hawker 850	0+48	1,480	370	2+22	4,394	370

6. 기타 고려 사항

항공기 지상 지원 장비 및 예비품의 사전 확보 용이성과 정비 관리 프로그램, 정비사 교육 프로그램 제공 여부를 항공기 도입 시 확인할 필요가 있다. 또한 조종사의 임무 수행을 위하여 필요한 법적 요구량을 충족할 수 있는 교육 훈련 프로그램을 제공할 수 있는지의 여부 등도 고려해야 할 내용에 포함되어야 한다.

2.5.2 운영 및 경제성 비교 결과

고고도 임무가 요구되지 않는 국지적 임무에는 왕복엔진, 터보프롭 항공기 등이 사용될 수 있으며, 이들 기종은 터보제트 항공기에 비해 구입 및 개조 비용이 적고 운영비용 역시 저렴한 것으로 분석되었다. 특히 터보프롭 항공기의 경우 속도, 고고도 운용성, APU 미장착 등의 요소 등에서 터보제트 항공기에 비해 뒤지나 제한적인 예산을 고려하면 가장 유력한 대안이 될 수 있다고 판단된다.

터보제트 항공기의 경우 왕복엔진 및 터보프롭 항공기에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 속도, 고고도 운용성, 비행거리, 장비의 확장성, APU 보유 등에서 우위를 보이고 있으나 구입 및 개조 비용이 많고 운영 유지비용 역시 비교적 높은 것으로 나타나 기상 전용 항공기의 위상이 정립되지 않은 초기 모델로서

의 부담은 클 것으로 판단된다.

## 2.6 운영방안 및 연간운영비 분석

### 2.6.1 운영방안 분석

직접운영 방식, 간접운영 방식, 임대 방식 등 운영방식은 각각의 장·단점이 있으며 운영기관의 판단에 따라 운영방식을 선택할 수 있다.

#### 1. 직접 운영 방식

직접운영방식이란 기상청 내에 별도의 항공기 운영 조직을 구성하여 항공기의 구입, 등록, 관리 및 운영하는 것을 말한다. 기상 전용 항공기의 원활한 운영을 위하여 최소한의 조직 구성, 장비의 구입과 시설 마련이 요구된다.

#### 2. 간접 운영 방식

간접운영방식이란 유지 관리 및 운영의 일부분을 외부 기관에 위탁하는 것으로, 기상청에서 항공기를 구입하고 항공기의 관리 및 운영에 관해서는 외부 기관에 위탁하여 활용하는 방법이다. 즉 위탁기관에 임차(임차에 의한 이전 등록)를 주어 전문성이 부족한 항공기 소유 기관의 어려움을 해결할 수 있는 방법이다.

#### 3. 임대 사용 방식

임대 사용방식이란 항공기 임대가 가능한 기관으로부터 임대에 관한 계약 체결 후 사용하는 방법이다. 이 경우 연구를 위한 부분적인 항공기 개조가 요구되기 때문에 약간의 초기 투자비용과 일정 기간의 항공기 임대를 보장해주어야 한다.

Table 9. 항공기 운영 방식 비교

운영방식	장 점	단 점
직접운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 독립적 사용</li> <li>◆ 연구에 필요한 다양한 개조가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 전문성 부족</li> <li>◆ 운영, 유지비용 과다</li> </ul>
간접운영	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 경제적 운영이 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 적절한 위탁기관 선정의 어려움</li> </ul>
임대	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 최소비용 연구가능</li> <li>◆ 적합한 항공기 제공 가능 시 단기간에 연구 수행 가능</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 연구에 적합한 항공기 선택이 제한적</li> </ul>

### 2.6.2 연간운영비 분석

운영비 산출은 직접운영방식에 초점을 두었다. 간접운영방식 또는 임대 운영방식은 계약 조건에 의하여 너무 많은 변수가 작용할 수 있는 관계로 한정된 1개 기종으로 비교 분석하였다. 연간 운영비 산출에 있어서 우선적으로 고려되어야 할 사항은 연간 운용시간의 결정이다. 왜냐하면 국내의 항공기 운영 조건에 있어서 인건비 등 간접비가 차지하는 비중이 상대적으로 높기 때문이다.

연구 대상 항공기의 분류 기준은 운용 고도와 실내 공간에 따라 상대적으로 소형에 해당하는 왕복 다발엔진 비행기, 중형에 속하는 터보프롭 다발엔진 비행기 및 대형에 속하는 터보팬 다발엔진 비행기로 분류하였다. 분류된 등급별 분석 대상 기종의 선정은 현재 생산 중에 있으며, 비교적 정확한 운용 Data를 제공하고 있는 기종을 대상으로 분석하였다. 사례로 선택한 기종은 분류 기준별 대표적 기종 중 하나이며, 기종 선택의 최종 대안을 제시한다는 의미는 아니다.

#### 1. 왕복엔진다발비행기

가. 산출 기초 요소

- (1) 최대 이륙중량 4,500LB
- (2) 연간 운영시간 : 300시간
- (3) 구입가 : \$950,000 (개조 비용 포함)
- (4) 사용기한 10년 후 매각
- (5) 10년 후 잔존 가치 : \$200,000
- (6) 보험가입 : 책임 배상 5억, 탑승 인원 조종사 포함 3명
- (7) 환율 : 1,300원

나. 연간 운영비용

- (1) 직접운영비(천원) : 99,950
  - (2) 간접운영비(천원) : 525,500
- 합계(천원) : 624,450

#### 2. 중형 터보프롭기

가. 산출 기초 요소

- (1) 최대 이륙중량 15,000LB
- (2) 연간 운영시간 : 300시간
- (3) 구입가 : \$7,900,000 (개조 비용 포함)
- (4) 사용기한 10년 후 매각
- (5) Phase 3,4 Check는 외부 위탁
- (6) 10년 후 잔존 가치 : \$5,00,000
- (7) 보험가입 : 책임 배상 5억, 탑승 인원 조종사 포함 5명

(8) 환율 : 1,300원

나. 연간 운영비용

- (1) 직접운영비(천원) : 290,120
- (2) 간접운영비(천원) : 1,054,000
- 합계(천원) : 1,344,120

3. 터보팬 엔진의 제트비행기

가. 산출기초요소

- (1) 최대 이륙중량 35,000LB
- (2) 연간 운영시간 : 300시간
- (3) Phase 3,4,5,6 Check는 외부 위탁
- (4) 구입가 : \$ 22,500,000 (개조비용 포함)
- (5) 사용기한 10년 후 매각
- (6) 10년 후 잔존가치 : \$ 15,000,000
- (7) 보험가입 : 책임배상 5억,  
탑승인원 조종사 포함 10명
- (8) 환율 : 1,300원

나. 연간 운영비용

- (1) 직접운영비(천원) : 546,700
- (2) 간접운영비(천원) : 1,918,000
- 합계(천원) : 2,464,700

4. 간접 운영 시 예상 비용

가. 조건

- (1) 위탁운영기관에 임차등록
- (2) 국립기상연구소의 연구에 지장이 없는 한 임차자에게 사용권을 위임
- (3) 비행시간을 제외한 산출기초요소는 직접운영방식과 동일함
- (4) 터보팬엔진 제트비행기

나. 연간 운영비용

- (1) 직접운영비(천원) : 546,700
- (2) 간접운영비(천원) : 1,453,000
- 합계(천원) : 1,999,700

5. 임대 사용 시 예상 비용

가. 조건

- (1) 임대 회사에 최소 5년 간 임대사용 협정을 체결하여야 함
- (2) 사용될 항공기에 장착될 연구장비를 제공하여야 함
- (3) 항공기 수리 개조에 소요되는 비용을 제공하여야 함
- (4) 임대 항공기는 소형 터보프롭비행기로

가정함

(5) 연간 사용 시간 300시간

나. 비용

- (1) 최초 수리개조 비용 : 4억 5천만 원
- (2) 년 간 운영비 : 7억 5천만 원

2.6.3 운영방안 및 운영비 분석결과

항공기의 운영방식은 각각의 장단점을 가지고 있다. 직접운영방식은 항공기를 독립적 사용할 수 있고, 연구에 필요한 다양한 개조가 가능하다는 장점이 있으나, 항공기 운영 및 관리의 전문성이 부족하고, 이로 인해서 과도한 운영 및 유지비용이 발생하는 단점이 있다. 간접운영방식은 경제적 운영이 가능하고, 연구 내용에 맞는 효과적 항공기 운항 가능하다는 장점이 있으나, 적절한 위탁기관 선정에서 어려움이 발생할 수 있다. 임대방식은 최소비용으로 연구 가능하고, 목적에 적합한 항공기가 제공되면 단기간에 연구가 시작되는 장점이 있으나, 연구에 적합한 항공기 선택에서 제한이 있을 수 있다는 단점이 있다.

기상 전용 항공기 운영 목적은 연구에 있다. 따라서 항공기 운영방식의 선택에 있어서 가장 중요한 요소는 연구수행의 효율성이다. 연구수행의 효율성을 높이기 위해서는 연구내용에 적합한 운항이 제공될 수 있어야 할 것이다. 따라서 초기 1~2대 정도의 항공기를 운영할 경우, 간접운영방식이 효과적이라고 판단되며, 항공기 운영에 대한 기술축적이 이루어지고 난 이후, 3대 이상의 운영규모로 확대되는 시점에서 직접운영방식으로 전환하는 것이 효율적이라고 판단된다.

Table 10. 운영방식별 연간 운영비용 (터보팬엔진을 기준으로 추정)

운영방식	연간운영비 (직접비)(천원)	연간운영비 (간접비)(천원)	계 (천원)
직접 운영	546,700	1,918,000	2,464,700
간접 운영	546,700	1,453,000	1,999,700
임대 운영	-	-	750,000

※ 임대운영의 경우 최초 수리개조비용으로 약 4억 5천만 원이 소요되는 것으로 가정.

III. 결 론

최근 기상기술 선진국 진입을 위한 발전방안에 대한 논의가 활발하게 진행되는 가운데 기상 업무 발전을 위한 대안 중 하나로 기상 전용 항공기 도입과 운영 방안이 제시되었다. 우리나라의 기상 기술을 발전시키고 기상 분야의 국제적인 협력, 리더십 발휘를 위해서는 기상 전용 항공기와 항공기 운영 체계 등 관련 인프라를 반드시 구축해야 함은 물론 이를 위한 합리적 추진방안이 연구되어야 한다.

연구 및 관측용 항공기의 기종, 운영방식에 대한 우선순위는 다음과 같이 정리될 수 있다(Table 11).

Table 11. 도입 및 운영방식 우선순위

기종/대수	우선순위	운영방식	우선순위
터보프롭/1~2	1	간접운영방식	1
터보제트/1~2	2	임대방식	2
왕복엔진/1~2	3	직접운영방식	3

연구의 결과 기상전용항공기의 초기 운영 모델로는,

**제 1 안, 터보프롭-간접운영방식**이 가장 적합할 것으로 판단되며,

**제 2 안, 터보제트-간접운영방식**이 대안으로 제시될 수 있다.

또한 중장기적 발전 방안으로, **제 3 안, 터보제트-직접운영방식** 역시 대안으로 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

우리나라에서 항공기를 활용한 기상 분야 연구는 시대적 소명으로 받아들여야 할 시기가 되었다고 판단된다. 본 연구에서 제안된 내용을 바탕으로 우리나라 기상 연구 및 관측 분야에 활용될 수 있는 항공기의 기종선택과 운영방식의 합리적 의사결정이 이루어지리라 기대한다.

## 후 기

이 논문은 국립기상연구소의 연구비 지원에 의하여 연구(과제번호 11-1360395-000169-01)되었음.

## 참고문헌

- [1] 김영철, "효과적인 항공기 유지 관리 방안", 기상기술정책, 기상청, 2008, pp46~48
- [2] 김금란, 장기호, "해외 기상관측용 항공기 운영 및 활용 실태", 기상기술정책, 기상청, 2008, pp33~34
- [3] FAA, 14 CFR part 23, 25, FAA, 2009
- [4] 국토해양부, 운항기술기준, 국토해양부, 2008
- [5] 국토해양부, 항공법(법률 제9780호), 국토해양부, 2008
- [6] 국토해양부, 항공법 시행령(대통령령 제21473호), 국토해양부, 2009
- [7] 국토해양부, 항공법 시행규칙(국토해양부령 제125호), 국토해양부, 2009
- [8] <http://www.cessna.com>
- [9] <http://www.newpiper.com>
- [10] <http://www.hawkerbeechcraft.com>