한국소음진동공학회논문집 제 17 권 제 5 호, pp. 379~390, 2007.

김포공항 항공기 저소음 운항절차 수립을 위한 연구

A Study on the Establishments of Aircraft Noise Abatement Procedures in Gimpo International Airport

손 정 곤† · 김 연 명* · 박 진 우* · 김 영 일*

Jung-Gon Son, Yeon-Myung Kim, Jin-Woo Park and Young-Il Kim

(2006년 9월 29일 접수 ; 2007년 4월 9일 심사완료)

Key Words : Noise Abatement Procedures(소음저감절차), Preferential Runway System(우선활주로 운용방식), Thrust Cutback(추력감소), CDA(연속강하접근), Track(항적), Approach(접근 또는 진입), Take off(이륙), Noise Limits(소음한도), Aircraft Infringement(소음위반항공기), NMS(소음자동측정망)

ABSTRACT

The final purpose of this study is to develop noise abatement procedures for minimizing damages caused by aircraft noise, to establish appropriate noise limits and to suggest a plan for imposing surcharges and penalties on aircraft infringing the noise limits. This study establishes noise abatement procedures and suggests a plan to complement and improve upon NMS in Gimpo International Airport by reviewing the NMS structure. In addition, this study establishes a noise limit at each noise monitoring system and a verification system to discriminate infringing aircraft. Finally, this study suggests a control plan for aircraft infringing the noise limit.

1. 서 론

항공기 소음문제는 전 세계적으로 중요한 관심사항인 환경문제의 일환으로 대두되고 있으며 미국, 유럽 등의 항공선진국은 49년 전부터 엄격한 항공기 소음기준을 수립하고[1], 이를 위반하는 항공기에 대해 소음부담금이나 벌금 등의 제재조치를 취하고 있다.

그러나 우리나라의 경우 항공법 제 108조의 2에 "저소음 운항절차"에 대한 선언적인 규정만 있고 구체적으로 김포국제공항(이하 "김포공항"이라 함)에 적합한 저소음 운항절차 및 그 효과와 그리고 위반 항공기에 대한 소음한도 등이 아직 제정되어 있지 않은 실정이다.

따라서 김포공항에 적용이 가능한 저소음 운항절차를 개발하여 적정한 소음기준을 수립하고, 소음측정망(NMS)을 활용하여 소음기준 위반 항공기에 대해 벌과금 및 제재를 취할 수 있는 방안을 제시함으로서 법적규정(시행령 및 시행규칙 등)을 만드는 기초자료로 활용코자 한다.

기존의 김포공항에 적용하고 있는 소음저감절차(NAP : noise abatement procedures)[2]에 대한 소음감소효과를 정량적으로 검정하고 이 밖에 적용 가능한 소음저감절차를 개발하여 그 효과를 예측한 후 이를 김포공항에 적용 시 얻을 수 있는 경제적 효과를 정량적으로 검토코자 한다.

어떤 한 공항에 적용 가능한 소음저감절차의 수립은 항공기안전도를 최우선으로 하기 때문에 여기에는 항공관제 및 항행안전시설 및 항공교통관리 등

† 교신저자 : 정회원, (주)동일기술공사 소음 · 진동팀
E-mail : dwhand@hanmail.net
Tel : (02) 2163-6585, Fax : (02) 2163-6589
* 한국교통연구원 항공교통연구실
** 문엔지니어링(주)

여러 분야의 다각적인 검토가 필요하며, 이를 바탕으로 공항주변의 소음피해를 최소화 하는 다양한 대안을 수립 하여 이들 각각에 대한 소음예측을 실시하고 공항주변의 주거지역에 대한 소음피해 정도를 노출면적, 가구수, 세대수 및 노출인구 등 정량적인 평가를 실시코자 한다.

2. 국내·외 관련기준 및 외국사례 분석

2.1 법적근거

저소음 운항절차의 실시 근거로 항공법 제 108조가 있으며 제 109조 제1항 및 제2항에는 이를 위반시 소음부담금을 부과징수 하도록 규정되어 있다.

또한 구체적 부과·징수금액에 대한 내용은 같은 법 시행령 제44조 3항에 구체적으로 명시되어 있는데 이들 중 일부만 소개하면 다음과 같다.

③ 제2항의 규정에 불구하고 법 제108조의 2의 규정에 의한 저소음운항절차에 위반하는 항공기의 소유자등에 대하여는 제2항 각호에서 정한 금액에 그 금액의 2배를 가산한 금액을 소음부담금으로 부과·징수한다. <신설 2004.6.29>

2.2 기존의 김포공항 소음저감절차

항공정보간행물(AIP)에는 항공기 이륙 및 착륙 시 김포공항에 적용해야 하는 소음 저감 절차가 상세히 기술되어 있는데 아직 이들 절차에 대한 구체적인 소음효과의 검정이 이루어 지지 않고 있다.

아울러 법률로 수립되어 공포되어 있음에도 이런 절차의 준수여부를 확인할 수 있는 보다 구체적인 방법 등이 제정되어 있지 않는 실정이다.

2.3 국제 권고 기준 및 표준

(1) 항공기 소음 저감 관련 기준 문서

항공기 소음 저감을 위한 운항절차 수립에 관한 국제 권고기준 및 표준을 기술하고 있는 문서는 다음과 같다.

- ICAO 부속서 제16권 환경보호, 제1권 항공기 소음
- ICAO 부속서 제6권 항공기 운항, 제1부, 제4장, 제4.4.9항 항공기 소음 저감을 위한 항공기 운항절차
- ICAO Doc 8168 항공기 운항절차, 제1권, 제V부 소음 저감 절차

(2) 항공기 소음 저감을 위한 운항 기준[3]

항공기 소음 저감을 위한 항공기 운항 절차는 그 절차 제정 책임을 진 당국이 적절한 연구와 자문에 근거하여 소음 문제가 존재한다고 판단하지 않는 한 도입하여서는 안 된다고 규정하고 있는데 이들 내용을 간단히 소개하면 다음과 같다.

권고 - 소음 저감에 대한 항공기 운항절차는 해당 비행장을 사용하는 항공기 운영자(항공운송사업자)와 협의하여 개발하여야 함.

권고 - 소음 저감에 관한 항공기 운항절차를 제정하는 경우에 고려하여야 할 요소에는 다음 사항들이 포함되어야 함.

- 아래 사항을 포함하는 소음 문제의 상태와 범위
  소음 민감 지역의 위치 및 소음 시간대
- 항공기 중량, 공항 표고, 온도 고려 요인을 포함하여, 영향을 미치게 되는 항공기 기종
- 가장 효과적이라고 생각되는 절차의 유형
- 장애물 회피 (PANS-OPS (DOC 8168), 제1권 및 제2권)

권고 - 소음 저감을 위한 항공기 운항절차는 PANS-OPS(Doc 8168), 제1권에 규정한 바를 따르는 것이 바람직함.

권고 - 항공기 운영자(operator)가 정한 항공기 기종별 소음 저감 절차는 모든 공항에 동일하게 적용되도록 하는 것이 바람직함.

(3) 항공기 소음 저감 절차의 개발[4]

항공기 소음 저감절차는 각 항공기 기종별로(항공기 제작사로부터 필요한 조언을 받아) 항공사에 의해 개발되어야 하며, 항공사 등록국가의 동의를 받아야 한다. 특수한 이륙으로 사용되어지는 이륙절차는 해당 공항을 관할하는 국가의 소음 저감 목적을 충족시키는 절차로 수립되어야 한다.

(4) 항공기 소음 저감 방법 및 세부절차

ICAO DOC 8168 항공기 운항절차, 제1권, 제V부 '소음 저감 절차'에 권고되어 있는 기준을 요약하면 다음 3개의 방법으로 정리되고 이중 소음저감방법으로 많이 활용하고 있는 소음 저감 이륙절차를 도

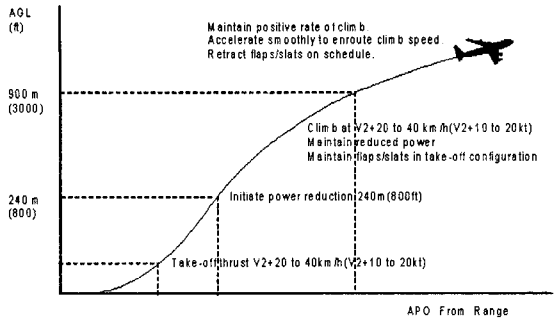


Fig. 1 NADP 1

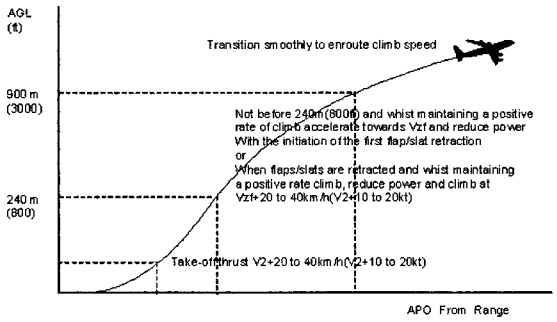


Fig. 2 NADP 2

Table 1 Survey of oversea airports

NO	Nations	Airport	Visiting airport
1	Australia	17	
2	Germany	17	FRA
3	U.K	22	LHR
4	France	10	CDG
5	Netherland	1	AMS
6	Italy	12	
7	Spain	3	
8	Russia	11	
9	Canada	10	
10	USA	3	
11	Japan	8	
12	Taiwan	2	
13	Others 21	24	
Total	33	140	4

시하면 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

- 소음 저감 우선 활주로의 사용
- 소음 저감 우선 비행로의 사용
- 소음 저감 이륙 또는 접근절차 등의 사용

2.4 외국 공항의 사례 조사

Table 2 Assesment of potential noise abatement measures

Category	Description	Applicability /feasibility
1. Preferential runway system	- Preferential runway use	Feasibile (in use)
	- Early take-off	Feasibile
	- Displaced thresholds	None
	- Reverse thrust departure /landing	None(ATC)
	- Contra-flow	None(ATC)
	- Ratational Rwy use	
2. Preferential routes system	- Noise abatement flight tracks use	Feasibile
	- Radar heading or vectors	Feasibile (in use)
	- Dispersed fanned out departure flight track	None(ATC)
3. Approach procedures	- CDA	Feasibile
	- Delayed/reduced flap setting	Feasibile
	- Reverse thrust restriction	(in use) Feasibile
	- Steeper ILS glide slop approach	Feasibile
	- Tow-stage approach procedure	None
	- Visual approch/restriction on visual approach	None
4. Departure procedures	- Thrust cutback (NADP 1 or 2)	Feasibile (in use)
	- Steepest climb	Feasibile
	- Rolling take off	None
5. Airport regulations	- Engine run up restriction	Feasibile (in use)
	- Curfew	Feasibile (in use)

Table 3 Population density in vicinity of Gimpo airport

WECPNL	Houses (number/㎢)	Families (person/㎢)	Populations (person/㎢)
80 ~ 85	213	472	1,233
75 ~ 80	809	1,279	3,535

외국 정부의 최신 항공정보간행물(AIP), 젭슨차트 등을 이용하여 해외 33개국 140개 공항의 저소음 운항절차 자료를 수집하였다.(Table 1 참조.)

위 공항중에서 4개 공항에 대한 현지답사를 실시하여 필요한 자료를 보충하였으며, 답사 공항은 독일 프랑크푸르트(FRA), 네덜란드 암스테르담/스키폴(AMS), 프랑스 샬 드골(CDG), 영국 런던/히드로(LHR) 공항이다. "미국 Louisville 국제공항 소음저감 연구 보고서"를 참조하면 김포공항에 적용 할 수

있는 저소음운항절차(NAP)는 Table 2와 같다.

3. 김포공항 주변 소음노출 현황

활주로를 중심으로 북측지역에는 인구밀도가 낮은 김포시가 위치하고 남측에는 상대적으로 인구밀도가 높은 양천구 신월동이 위치하고 있다.

저소음운항절차 수립 시 저감효율이 높은 곳을 우선적으로 고려하기 위해 단위면적당 인구수를 산정할 필요가 있다. 산정방법은 2005년에 조사한 한국공항공사의 기존자료[5]를 활용하였다.

조사대상 총 면적은 소음영향도가 WECPNL 75~80인 지역으로 이곳의 대지면적은 총 16㎢이고, 가옥수는 약 7,900호 그리고 세대수는 13,000세대로 여기에 거주하는 주민수는 약 35,600명이다.

지역별 소음노출인구 조사결과 활주로 남서측에 위치한 양천구가 14,353 인/㎢로 가장 높고, 다음이 부천시 오정구 2,224 인/㎢이며, 활주로 북측에 위치한 김포시는 324 인/㎢ 그리고 가장 낮은 곳이 인천광역시 계양구로 4 인/㎢이다.

전체면적 대비 항공기소음에 노출된 비율은 양천구가 대지의 38.8 %를 차지하고 인구수의 20.7 %로 가장 높고, 계양구의 경우 대지가 14.2 %와 인구수는 0.8 %, 오정구의 경우 대지면적은 82.2 % 매우 넓은 면적을 차지하나 인구밀도가 낮아 인구수는 전체의 8.2 %에 그치고 있다.

그리고 김포시의 경우 면적은 전체의 6.7 %와 인구수는 전체의 1.2 %로 대체로 낮은 편이나 이 지역은 최근 공동주택의 건설이 활발히 진행되는 곳으로 향후 지금보다 가파르게 인구밀도가 증가할 것으로 예상된다.

따라서 저소음운항절차의 적용대상 지역의 우선순위는 양천구가 가장 우선이며 다음이 부천시 오정구 그리고 김포시와 계양구 순으로 밝혀졌다.

위의 조사결과를 기초로 소음등급에 따른 단위면적당 가구수, 세대수 및 인구수를 산출하면 Table 3과 같다.

4. 김포공항 항공기 이·착륙 현황

관련 자료는 인천공항의 수신 레이더로부터 입수한 것으로 2005년 8월과 11월에 각각 평일 및 휴일을 포함한 7일간 총 14일간의 레이더 운항자료를 분석하였다.

운항회수는 Table 4와 같이 3,325회로 일일 평균 237회(이륙 118회, 착륙 119회) 운항하였다.

활주로 이용률은 우선 2본의 활주로가 약 50 %씩 같으나 이륙 시는 주로 32/R이 57 %로 가장 많고 다음이 14L이 39 %이다.

착륙의 경우 32R과 32L이 각각 33 %와 29 %로 비슷하고 다음이 14R이 38 %이다.

분석대상 대표기종의 선정은 김포공항에 이·착륙하는 횟수가 가장 많은 기종을 우선으로 하고 다음은 소음도의 크기와 항공기의 크기에 따라 이륙중량이 각각 대, 중, 소 각각의 1기종씩만을 선정하였다.

2004년 1년 동안 김포공항의 연간 운항회수는 총 105,923회로 이중 B737이 59.3 %로 가장 많고 다음이 A300(19.4 %)과 A330(13.5 %)로 이들 3개 기종이 전체의 92.2 %를 차지하고 대형기종인 B747은 0.6 %에 그치고 있다.

따라서 운항회수가 가장 많은 B737 기종과 소음도가 비교적 크고 중형기종 이면서 운항회수가 많은 A330과 A300 기종 그리고 대형기종으로 B747 기종 등 총 4 기종을 대표기종으로 선정하였다.

비행로 분석결과 상기 4기종 각각에 대한 활주로 방향별 이륙 및 착륙 시 비행로 분석을 위해 이륙의 경우 고도 약 1,400 m(≒ 4,600 ft)이하와 착륙의 경우 고도 약 600~800 m(≒2,000~2,600 ft)에 대한

Table 4 Number of aircraft operation during 14 days(2005. 8. 1 ~ 8. 7 & 2005.11. 7 ~ 11. 14)

Runway direction	Take-off	Arrival	Total
14L	645	0	2,136
32R	937	554	
14R	6	638	1,189
32L	67	478	
Total	1,655	1,670	3,325

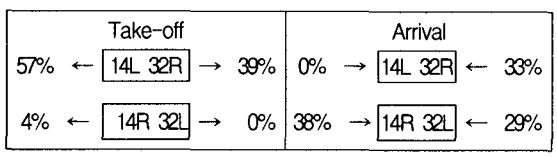


Fig. 3 Runway usage rates during 14 days

것만을 선택하여 14일간 운항자료를 근거로 4기종 모두 작성한 비행로는 Fig. 3과 같다.

5. 저소음운항절차의 영향요인

5.1 활주로 길이 및 폭

김포공항은 국내선 운항 공항의 중추(Hub) 공항과 같은 역할을 담당하고 있는 공항으로 활주로는 북서-남동 방향 (RWY 14-32 방향)으로 놓인 2본의 활주로로 운영되고 있으며, 서편 활주로의 길이는 3,200 m, 동편 활주로의 길이는 3,600 m이다.

김포공항의 두 평행활주로 중심선간의 간격은 약 360 m로 이 정도의 이격 거리로는 두 항공기가 동시에 착륙하거나 동시에 이륙하는 형태의 운항은 실행될 수 없으므로, 김포공항의 활주로 이용은 마치 단일 활주로 운영 체제와 거의 흡사한 개념 하에 운용되어야 하는 여건이다. 즉 두 평행 활주로가 너무 근접되어 있어서, 1개 활주로 상으로 어떤 항공기가 이륙을 하고, 다른 활주로 상으로는 다른 항공기의 착륙을 한다고 하더라도, 동시 이·착륙은 허가될 수 없는 비독립 근접 평행 활주로 체계로 운영되어야 하는 여건이다.

5.2 공항운영시간

24시간으로 고시되어 있으나 매일 23:00~익일 06:00까지의 시간대에는 운항금지/제한 규제(curfew)가 이루어지고 있어서, 정기 운항편의 이·착륙은 사실상 이 시간대에 중지되고 있는 실정이다.

5.3 이·착륙 방향

항공기 이·착륙 방향, 즉 사용 활주로의 방향은 당시 풍향 풍속 요인을 고려하여 항공기가 바람을 안고 이·착륙 한다는 원칙에 따라 결정된다. 풍속이 2.5 m/s(5 knots) 이상일 경우에는 바람이 불어오는 쪽으로의 활주로 방향이 사용된다.

사용 활주로 방향이 14방향(공항 북서쪽으로부터 진입하여 착륙하고, 남동쪽으로 이륙하는 방향)일 동안에는 동편 활주로(14L)는 이륙하는데 사용하고, 서편 활주로(14R)는 착륙용으로 사용한다.

사용 활주로 방향이 32방향일 경우 현재 우선 활주로 운용 절차는 미 설정되어 있다.

(1) 활주로 14 방향 계기 이·착륙 비행로(Fig. 5)

가. 착륙비행로

착륙하는 항공기는 공항 북서쪽의 활주로 전단으로부터 약 7 NM마일 밖에서 활주로 중심선의 연장선으로 진입하여, 활주로 중심선을 따라 진입해 들어와서, 마일 당 약 320 ft(약 5.2 % 강하) 비율로 강하하여 활주로에 착륙하고 있다.

나. 이륙 비행로

이륙 항공기는 공항 남동쪽 방향으로 이륙하여, 이륙 활주로 끝으로부터 밖으로 약 2 NM되는 곳에 이를 때까지는, 대략적으로 활주로 중심선 연장이 되는 궤도를 따라 직진하면서, 최소 6.5 %(395 ft/NM) 비율로 상승하고 있다.

그 후 강서구, 양천구, 구로구 인구밀집지역 상공을 거쳐 관악산 방면이나 오산 방면으로 직행하면서 고도 6,000 ft에 도달할 때까지 최소 6.5 %(395 ft/NM) 비율로 계속 상승하고 있다.

(2) 활주로 32 방향 계기 이·착륙 비행로(Fig. 6)

가. 착륙 비행로

착륙 항공기는 공항 남동쪽의 활주로 전단으로 부

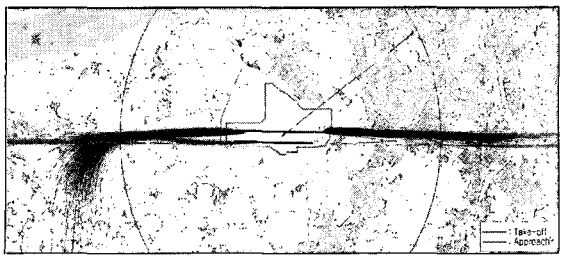


Fig. 4 Current flight paths of inbound and outbound in Gimpo airport

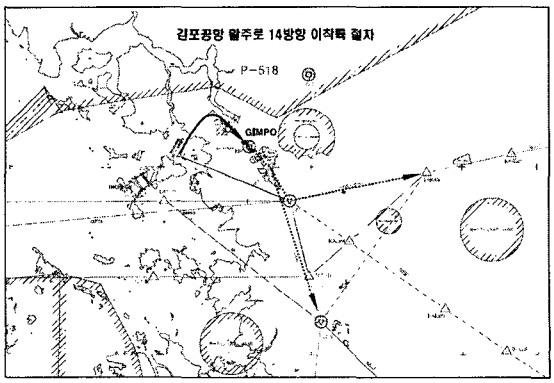


Fig. 5 Flight paths for runway 14

터 약 12 NM 밖에서 활주로 중심선 연장선이 되는 궤도상으로 진입하여, 활주로 중심선을 따라 진입해 들어오고 있다.

나. 이륙 비행로

이륙 항공기는 공항 북서쪽으로 이륙하여 이륙 활주로 끝으로부터 밖으로 약 2 NM되는 곳에 이를 때까지는 대략적으로 활주로 중심선 연장선이 되는 궤도를 따라 직진하면서, 최소 6.5 %(395 ft/NM) 비율로 상승하고 있다.

그 후 김포공항 무선표지국(KIP VOR/DME)으로부터 3 NM 이상 떨어지고, 고도 2,500 ft에 도달하거나 5 NM 거리가 되는 곳(김포 신도시 아파트 단지 상공)에서 좌선회하여 김포공항과 인천공항 사이의 공역을 거쳐 관악산 방면이나 오산 방면으로 직행한다.

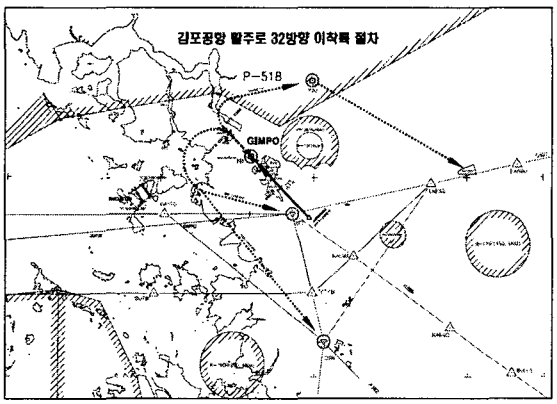


Fig. 6 Flight paths for runway 32

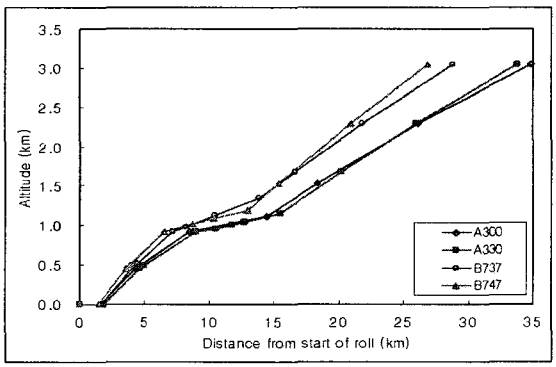


Fig. 7 Current take-off profiles

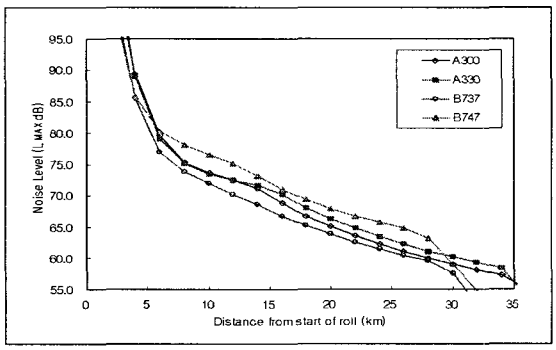


Fig. 8 Noise level due to current take-off profiles

5.4 이륙 프로파일(Take-off Profile)

이륙의 경우 비행노선(목적지)이 길수록 이륙중량이 커지고 따라서 이륙 시 낮게 비행함으로서 소음도가 커진다. 즉 이륙중량이 증가 할수록 이륙고도는 낮아지고 소음도는 일정하게 증가한다. 통상 B747-400(PW4056엔진)의 경우 이륙중량이 1톤 증가 할수록 소음도는 0.08 dB 증가한다[6].

Fig. 7 및 Fig. 8에서와 같이 이륙 시 일정 거리에서 이륙중량이 큰 B747기종은 이륙고도가 낮아 소음도가 높고 반대로 이륙중량이 작은 B737기종은 이륙고도가 높아 소음도가 낮다.

5.5 기타 외부환경의 영향

이외에 지상소음도에 영향을 주는 요인으로 이륙 시 온도, 습도 및 압력과 풍속 등에 따른 계절적인 영향도 고려해야 한다.

보잉사에서 B747-400(PW4056엔진)을 대상으로 제시된 자료[6]에 따르면 온도가 1 ℃ 상승 할 때 마다 소음도는 0.04 dB 증가하고, 정풍속도(headwind)가 1 kt(약 0.5 m/s)증가 하면 소음도는 0.1 dB 감소하는 것으로 조사하였다.

즉 이륙중량과 온도가 일정할 경우 정풍속도가 증가 할수록 항공기는 출력을 높이게 되고 따라서 이륙고도는 높아져 소음도가 낮아지고, 이륙중량과 정풍속도가 영(zero)으로 일정할 때 온도가 높아지면 공기밀도가 낮아져 항공기 날개의 양력이 감소하므로 이륙고도가 낮아져 소음도는 증가하게 된다.

6. 저소음 운항절차의 대안설정

6.1 적용 가능성 검토

김포공항에 적용 가능한 저소음 운용방안은 Table 5와 같이 우선활주로와 우선 비행로에 관한 2

Table 5 Available NAP in Gimpo airport

●: currently in use, ○: Consideration of feasibility

Noise Abatement Procedure			Applicability	Remarks
Category	Code	Description		
1. Preferential runway system	R1	Preferential runway use	○	Currently in use
2. Preferential routes system	T1	Noise abatement flight tracks use	○	Consideration of SID application
3. Approach procedures	AO1	CDA	○	
	AO2	Delayed/Reduced flap setting	●	Consideration of feasibility on both Rwy
4. Departure procedures	DO1	Thrust cutback -NADP 1 or 2	○	
	DO2	Steepest climb	○	Consideration of increasing climb rate more than 6.5 %
5. Airport regulations	L1	Reverse thrust restriction	○	Consideration of feasibility
	L2	Curfew	●	Currently in use

Table 6 Trials of preferential runway operation

		Current (AIP)	Trial 1-1	Trial 1-2	Trial 1-3	Remarks (current runway usage rate)
Preferential runway system	14L	T	A	-	-	(T:A = 9:0 %)
	14R	A	T	-	-	(T:A =0:38 %)
	32L	N	-	A	T	(T:A =4:29 %)
	32R	N	-	T	A	(T:A =57:33 %)

※ Note1)T : Take-off, A : Arrival, N ; None

가지 방안과, 다음은 착륙 시 2가지 안과 이륙 시 2가지 안 그리고 항공기운영과 관련하여 2가지 방안 등 총 8가지를 제시할 수 있다.

이들에 대한 각각의 적용가능성에 대한 검토는 그동안 관련기관(공항 운영자, 항공사, 정부 및 관계전문가와 주민 등)과의 수차례에 걸쳐 항공기 안전성에 대한 협의를 거쳐 현실적으로 김포공항에 적용가능한 것만을 선정하고 몇 가지 대안을 만들어 ,그 대안 각각에 대해 소음감소 측면에서 어떤 효과가 있는지 예측해본다.

6.2 저소음 운항절차 개선대안

검토결과 운선활주로 운영체계에 대한 것은 Table 6과 같이 총 3가지 대안을 제시하고 다음 이륙절차의 개선대안은 Table 7과 같이 3가지 대안과 착륙절차의 개선대안은 Table 8과 같이 2가지를 제시하였다.

Table 7 Trials of departure flight paths

Classification			Current (AIP)	Trial 2-1
14Direction flight procedure (Fig. 9(a))	Initial flight route	Horizontal flight path	Straight	Turne right 12°
		Track	# 143	#155
	Tunning point		-	-
	NADP		NADP1	NADP1

※Note : Track #143/155 : Azimuth of track in degree

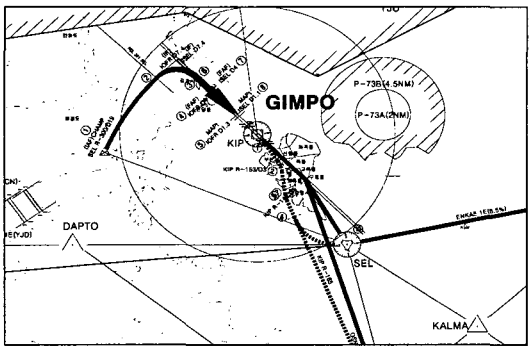
Classification			Current (AIP)	Trial 2-2	Trial 2-3
32 Direction flight procedure (Fig. 9(b))	Initial flight path	Horizontal flight path	Left Turne	Left Turne8°	Left Turne8°
		Track	# 323	#315	#315
		Tunning point	KIP D5	KIP D5	KIP D3
	NADP		NADP1	NADP1	NADP1

※Note1) KIP D5/D3 : Distance from tae-off point, 5NM and 3NM (1NM=1.852 km)
2) NADP1/2 : Noise abatement departure procedure 1/2

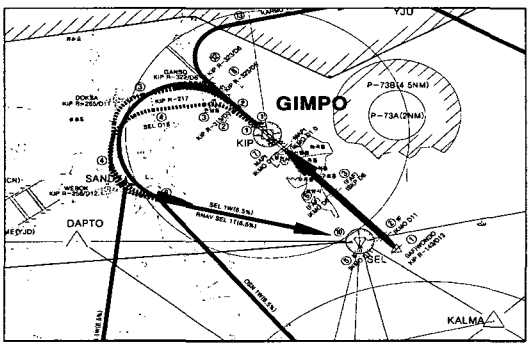
Table 8 Trials of arrival flight paths

Classification		Current (AIP)	Trial 3-1	Trial 3-2 (B747)	Remarks (current)
32L/R (Fig. 10)	Descend altitude	2,000ft	3,500 ft	3,500 ft	
	FAF	GP D6/2,000	GP D6/2,000	GP D4/1,320	GP D6/2,000 D4/1,350
	Reduced flap	Intermediate flap until GP D6	Intermediate flap until GP D6	Intermediate flap until GP D4	
	Delayed flap	Set flap at GP D6	Set flap at GP D6	Set flap at GP D4	
14L/R	None	-	-	-	GP D6/1,790 D4/1,170

Note1) FAF(final approach fix), Gp(glide path)
2) Altitude is average value of 4 aircraft in current operations



(a) Runway 14



(b) Runway 32

Fig. 9 "Trial"(dashed) - depature flight paths

이들 총 8가지의 개선대안들에 대한 소음효과 예측은 현재의 운영체계를 기본으로 상호 비교하여 그 결과를 검정할 것이며 소음예측에 사용한 방법은 현재 국내에서 많이 활용하고 있는 INM6.1[7]을 사용하였다.

7. 대안의 예측

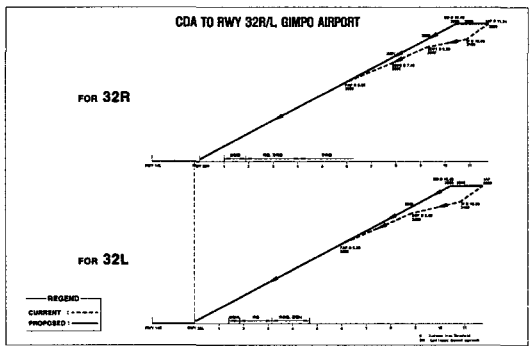


Fig.10 "Trial"(unbroken) - arrival flight paths

7.1 예측방법

INM6.1에 입력한 기종은 모두 4기종(A300, A330, B737, B747)으로 이들의 운항비율은 2004년간 총 운항회수(105, 923회)의 약 93 %에 해당한다.

항로는 14일간의 레이더자료를 활용 하였고 이들 기종 각각에 대한 이륙 · 착륙 프로파일과 속도 그리고 추력프로파일 등은 INM에 내장된 표준프로파일을 사용하지 않고 실제의 것과 유사한 프로파일을 적용하였다.

이렇게 작성된 소음지도가 지상의 9개소(Fig. 11)에서 2004년 1년간 측정된 평균소음도와 가장 유사한 가를 비교한 후 그 오차를 최소로 하는 프로파일을 적용하였다. 예측치와 측정국 실측치와의 오차범위는 0~5.4 dB로 측정치가 9개소 모두 예측치 보다 높다.

오차의 범위를 줄이기 위해 이들 두 값의 중간치를 기준소음도로 다시 설정하였으며 이때 기준소음도와 예측치 사이의 오차범위는 0~2.5 dB로 낮아졌다. 실측치가 높은 것은 지상측정지점의 반사음에 의한 영

향과 예측 시 사용한 자료는 365일의 측정치에 비해 분석에 사용한 자료가 부족한 것으로 판단된다.

단위 면적당 가구수와 세대수 그리고 인구수의 산출은 Table 5를 이용하여 산출하였다.

7.2 예측결과

(1) 현행(AIP)의 경우

김포공항에 운항중인 항공기에 의해 발생되는 소음영향도 범위는 Fig. 11과 같고, 이때 소음도 WECPNL 75~80와 WECPNL 80~85에 대한 소음노출면적을 산출하면 Table 9와 같다.

이들 소음도에 노출된 면적은 6.708㎢이고, 이 면적내 가옥수는 4,357호 세대수는 7,130세대 그리고, 소음노출 인구수는 19,578명으로 예측된다.

따라서 가옥당 방음대책비를 500만원에서 1,000만원으로 가정할 경우 현재의 방음대책 소요비용은 약 220억원에서 440억원으로 추정 된다.

(2) 우선활주로 운영체계의 개선효과

최적대안은 "1-2"안이 적절할 것으로 생각된다. 32R에서 이륙하고 32L로 착륙할 경우 인구밀집 정도가 상대적으로 낮은 지역으로 생각되나, 향후 이 지역 등은 현재 양천구 신정동일대의 대단위 신도시 개발과 김포 풍무지구의 공동주택지 개발 등이 진행되는 곳으로 이렇게 될 경우 또 다른 항공기소음 민원이 예상된다.

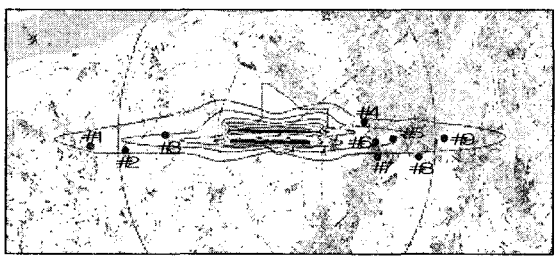


Fig.11 Current noise map on Gimpo airport

Table 9 Noise exposure area house and population

Aircraft noise (WECPNL)	Area (㎢)	House (number)	Family (person)	Population (person)
80~85	1.796	383	848	2,214
75~80	4.912	3,974	6,282	17,364
Total	6.708	4,357	7,130	19,578

소음감소효과는 공항과 인접된 인구밀집지역인 신월동 일대의 소음감소효과가 WECPNL로 최대 6 dB이며, 그 밖에 소음도 증가지역이 1개소, 현재와 같은 지역이 2개소 그리고 감소된 곳이 6개소로 나타났으며 전체면적이 기존면적 대비 약 4~5 % 정도 감소한 것으로 분석된다.

또한 면적감소로 인해 가구수는 233가구 감소하고 세대수는 378세대, 그리고 전체 감소인구는 1,040명으로 산정되어, 경제적인 효과는 약 12~23억 정도 될 것으로 추정된다.

(3) 이륙절차의 개선효과

대안은 신월동방향으로 "2-1"안과 김포방향으로 "2-3"안이 적절할 것으로 생각된다.

신월동방향은 이륙 시 현재의 항로보다 약 우측으로

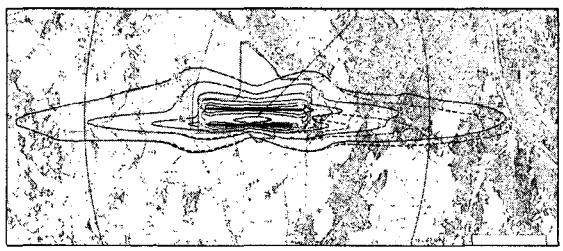


Fig. 12 Noise map of "trials 1-2"

Table 10 Effects of preferential runway operation

Trial	NMT locations	Effects on airport				
		Aircraft noise (WECPNL)	Area (㎢)	House (number)	Family (person)	Population (person)
1-2	#1	71(70)				
	#2	72(70)				
	#3	76(76)				
	#4	70(67)				
	#5	73(67)				
	#6	78(78)				
	#7	69(68)				
	#8	72(73)				
	#9	72(69)				
	80~85		1.712 (1.628)	365 (347)	808 (7680	2,111 (2,008)
	75~80		4.647 (4.912)	3,759 (3,544)	5,944 (5,606)	16,427 (15,490)
	Total		6.359 (6.01)	4,124 (3,891)	6,752 (6,374)	18,538 (17,498)

※ Note: "( )" trial effects

12° 선회하는 "2-1"안이 적절할 것으로 생각된다.

소음감소효과는 현재의 소음도와 같은 곳이 3개소 그리고 소음감소효과가 있는 곳이 6개소로 그 감소정도는 WECPNL1~3 dB이고 전체면적이 기존면적 대비 약 2% 감소한 것으로 나타난다.

또한 면적감소로 인해 가구수는 86가구 감소하고, 세대수는 135세대 그리고, 전체 감소인구는 373명으로 산정되어, 이로 인한 경제적인 효과는 약 5~9억 정도 될 것으로 추정된다.

김포방향은 이륙 시 현재의 항로보다 약 좌측으로 8°선회하며 이때 선회점이 KIP D3인 "2-3"안이 적절할 것으로 생각된다.

이 역시 김포의 기존 시가지를 회피하여 인구가 덜 밀집된 인천광역시 계양구 지역으로 운항하기 때문에 상대적으로 소음영향 정도가 낮은 지역이다.

소음 감소효과는 현재의 소음도와 같은 곳이 1개소 그리고 소음 감소효과가 있는 곳이 8개소로 그 감소정도는 WECPNL1~3 dB이고, 전체면적이 기존면적 대비 약 1% 감소한 것으로 나타난다.

또한 면적감소로 인해 가구수는 61가구 감소하고, 세대수는 108세대 그리고, 전체감소인구는 298명으로 산정되어, 이로 인한 경제적인 효과는 약 3~6억 정도 될 것으로 추정된다.

(4) 착륙절차의 개선효과

"3-1"안의 경우 소음감소효과는 현재와 같은 곳이 1개소이고 나머지 8개소 모두 WECPNL 1~3 dB의 효과가 있는 것으로 분석되었으며, 소음감소면적 역시 기존면적 대비 약 1~5% 정도이며 이중, 소음도가 낮은 곳(WECPNL 75~80)의 감소정도가 큰 것으로 나타나 공항 인접지역의 소음저감보다 먼 곳의 소음저감 효과가 큰 것으로 분석된다.

소음노출현황으로 가구수는 현재보다 86가구가

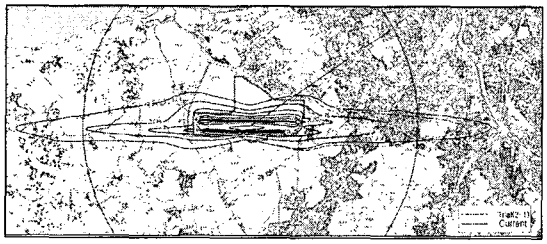


Fig. 13 Noise map of "trials 2-1"

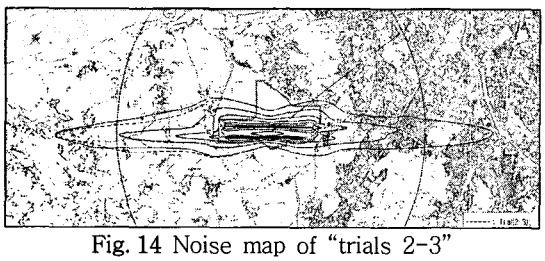


Fig. 14 Noise map of "trials 2-3"

Table 11 Effects of take-off procedures

Trial	NMT locations	Effects on airport				
		Aircraft noise (WECPNL)	Area (㎢)	House (number)	Family (person)	Population (person)
2-1	#1	71(70)				
	#2	72(71)				
	#3	76(76)				
	#4	70(67)				
	#5	76(73)				
	#6	76(74)				
	#7	70(70)				
	#8	71(71)				
	#9	73(71)				
	80~85		1.794 (1.792)	382 (381)	847 (846)	2,212 (2,210)
	75~80		4.807 (4.704)	3,889 (3,804)	6,148 (6,014)	16,993 (16,622)
	Total		6.601 (6.494)	4,271 (4,185)	6,995 (6,860)	19,205 (18,832)

Table 11 continued

Trial	NMT locations	Effects on airport				
		Aircraft noise (WECPNL)	Area (㎢)	House (number)	Family (person)	Population (person)
2-3	#1	71(70)				
	#2	72(71)				
	#3	76(76)				
	#4	72(71)				
	#5	76(73)				
	#6	76(74)				
	#7	68(66)				
	#8	70(69)				
	#9	73(71)				
	80~85		1.796 (1.796)	383 (383)	848 (848)	2,214 (2,214)
	75~80		4.848 (4.784)	3,922 (3,870)	6,201 (6,120)	17,138 (16,912)
	Total		6.644 (6.580)	5,303 (4,253)	7,049 (6,968)	19,352 (19,126)

줄어들고, 세대수는 148세대 그리고 인구수는 401명이 WECPNL 75~85 범위로부터 벗어날 것으로 예상되어 이를 소음대책비로 환산하면 약 5~9억 정도 줄어들 것으로 추정된다.

(5) 개선효과의 종합평가

가. 소음감소효과는 Fig. 16과 같이 #4지점과 #5지점에서 "1-2"가 가장 좋은 안으로 나타나 인구가 밀집된 양천구 신월동 지역의 소음저감에 기여할 것으로 기대한다.

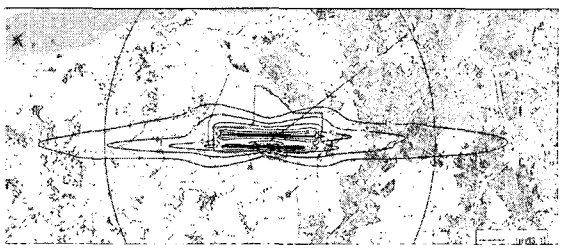


Fig. 15 Noise map of "trials 3-1"

Table 12 Effect of arrival procedures

Trial	NMT locations	Effects on Airport				
		Aircraft noise (WECPNL)	Area (㎢)	House (number)	Family (person)	Population (person)
3-1	#1	71(70)				
	#2	72(71)				
	#3	76(76)				
	#4	72(71)				
	#5	76(73)				
	#6	76(74)				
	#7	68(66)				
	#8	70(69)				
	#9	73(71)				
80~85			1.700 (1.604)	362 (341)	802 (7560	2,096 (1,978)
75~80			4.832 (4.752)	3,909 (3,844)	6,180 (6,078)	17,081 (16,798)
Total			6.532 (6.356)	4,271 (4,635)	6,982 (6,834)	19,177 (18,776)

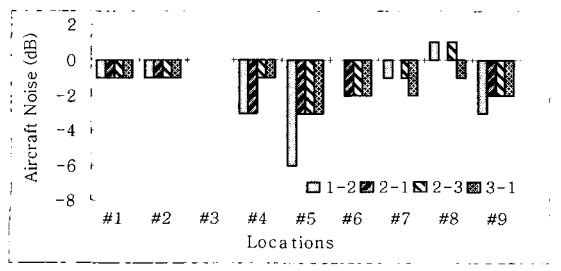


Fig. 16 Relative noise reduction near at airport

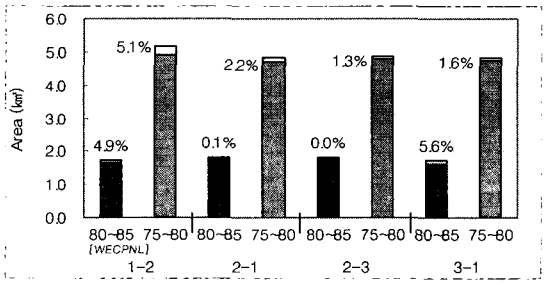
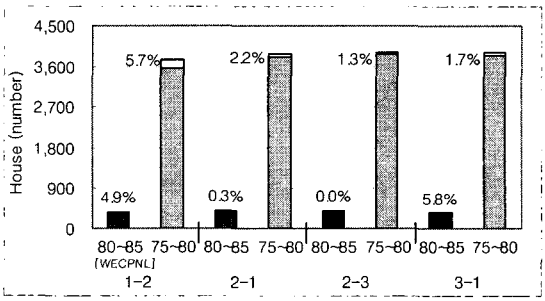
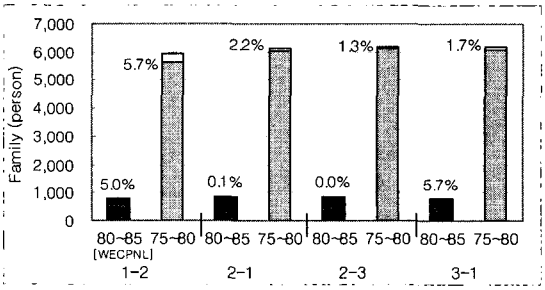


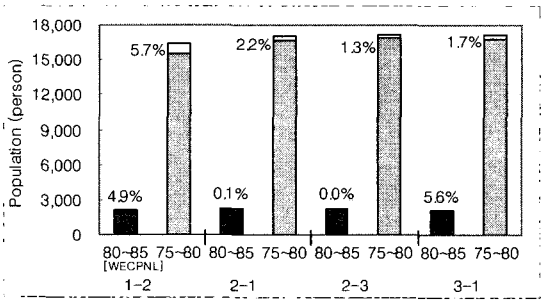
Fig. 17 Relative area reduction of each trails



(a) House



(b) Family



(c) Population

Fig. 18 Relative reduction of each 4 trails

나. 다음 소음감소면적의 효과가 가장 좋은 안은 Fig. 17에서 WECPNL 75~80의 경우 "1-2"안(5.1 %)과 WECPNL 80~85의 경우 "3-1"안(5.6 %)이다.

다. 주택 가구수, 세대수 및 인구수의 감소효과 역시 WECPNL 75~80의 경우 "1-2"안(5.7 %)과 WECPNL 80~85의 경우 "3-1"안(5.6~5.8 %)로 면적감소와 비슷한 결과를 보이고 있다.(Fig. 18)

따라서 "1-2"안 즉 32방향 우선활주로 운영비율을 현재 32R(이륙) : 32L(착륙)=57 % : 29 %를 개선하여 그 사용비율을 증가 시킬 경우 Fig. 12와 같이 소음감소지역이 남측으로 이동하여 면적은 물론 소음노출인구수 역시 감소시킬 수 있을 것이다.

다음은 착륙절차의 개선대안인 "3-1"안은 최종접근전에 고도를 현재 2,000 ft에서 3,500 ft로 높일 경우 소음도가 상대적으로 높은 인구밀집지역의 항공기소음피해를 감소시킬 수 있을 것이다. 같은 효과라도 소음도가 낮은 지역 보다 높은 지역이 기여도는 크게 된다.

끝으로 여기서 제시한 대안을 모두 적용시킬 경우 예상되는 기대효과는 소음도 감소가 +1~-6 dB 이고 가구수 466가구, 세대수 769세대 그리고 인구수는 2,112명이 감소하여, 이로 인한 경제적 효과는 25억에서 47억원 정도 될 것으로 추정한다.

8. 결 론

이 연구의 최종 목표는 항공기 소음의 피해를 최소화하기 위해 김포국제공항에 적용이 가능한 저소음 운항절차를 개발하며, 적정한 소음기준을 수립하는 것으로 소음 측정망을 활용하여 소음기준 위반 항공기에 대해 벌과금 및 제재를 취할 수 있는 방안을 제시하는 것이다.

(1) 기술적 측면의 기대 효과

저소음 운항절차와 공항의 자동소음측정망을 연계하여 활용함으로써 기술의 시너지 효과를 발생시켜 김포국제공항뿐만 아니라 국내 타 공항에 대해서도 이 연구결과를 활용하여 저소음 운항절차 및 지역적 특성에 적합한 소음기준을 개발하고 이를 적용할 수 있을 것이다.

(2) 경제·산업적 측면의 기대효과

국가적으로 발생하는 소음관련 손해배상청구와 민원을 최소화 시켜 김포국제공항주변에 발생하는 소음피해를 최소화하여 공항주변 지역민들의 생활복리를 증진시킬 것으로 기대한다.

소음피해지역 축소로 인해 소음대책 사업비용을 절감하여 항공선진국 수준의 저소음 운항절차 및 소음원 저감대책을 수립·시행함으로써 국제민간항공기구의 이사국으로서 대외신인도를 향상시킬 것이다.

체계적이고 합리적인 소음기준 수립으로 인해 저소음 항공기 개발과 도입을 유도하고 친환경적인 항공산업 육성을 유도함으로서 공항주변 환경의 피해를 체계적으로 고려한 지속가능한 공항운영을 추구할 수 있을 것이다.

후 기

이 논문은 2005년도 건설기술평가원의 연구과제로 본 연구에 도움을 주신 서울지방항공청 및 한국공항공사 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

(1) Cadoux, R. E., Kelly, J. A., 2005, "Departure Noise Limits and Monitoring Arrangements at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports", ERCD REPORT 0207.

(2) MOST, 2005, "Noise Abatement Procedures", AIP RKSS AD 2.21.

(3) ICAO, 2005, "Environmental Protection", Vol. 1, Annex16.

(4) ICAO, 2003, "Aircraft Operations", Doc. 8168-ops/611, Vol. 1.

(5) KAC, 2005, "Aircraft Noise Impact Assesments in Vicinity of Gimpo International Airport", Report.

(6) Cadoux, R. E. and Ollerhead, J. B., 1996, "Review of Departure Noise Limits at Heathrow, Gatwick and Stansted Airports : Additional Study of Boeing 747 Departures", CS REPORT 9539 Supplement.

(7) FAA, 1999, "Integrated Noise Model Version 6.2".