

김해공항 시정장애 원인의 통계적 분석

진 병 화 · 황 수 진 · 박 만 성

부산대학교 지구과학과

(1996년 10월 1일 접수)

On the Statistic Analysis to the Causes of the Poor Visibilities Occurring at Kimhae International Airport

Byong-Hwa Jin, Soo-Jin Hwang and Man-Sung Park

Department of Earth Science, Pusan National University, Pusan, Korea

(Manuscript received 1 October 1996)

To research the cause of the low and the poor visibility phenomena of Kimhae international airport statistically, we analyzed the field routine data for the last five years from 1985 to 1989. The poor visibilities below 1km, 3km, and 5km usually occurred at about 6 o'clock in the morning under the condition of calm or light wind from south to southwest direction, and lasted for from 1 to 3 hours. They were caused by the radiative cooling and the inflow of moisture from the South Sea. The frequency of the low visibility(below 9km) recorded 48.1% a year. And the low visibility below 8 km with relative humidity below 70% often occurred in the case of southeast, southwest, and northwest wind. And it reveals a peak at 11:00 a.m.. It is supposed to be caused by the pollutants flowing from the neighbouring industrial complex, Sasang, Jangnim and by the photochemical reaction. And, when the industrial complex is built in Sinho, Myongji, Noksan located southwest, and Changyu area located northwest direction from Kimhae international airport, the visibility and the air pollution may become worse and worse by the increased pollutants.

Key Words: low visibility, poor visibility, pollutants, pressure pattern, photochemical, reaction

1. 서 론

산업 시설, 교통량 등의 증가로 인한 오염 물질이 대기 중에 배출되어 대기가 심각하게 오염되고 있다. 대기 중에 배출되는 오염 물질은 그 자체가 심각한 시정 장애 요인이 될 뿐만 아니라 대기 중에 부유하여 응결핵이 되어 안개 생성에 촉매 역할을 하기도 한다.

시정 장애의 원인은 안개 및 강수 등의 자연적인 것과 항공기의 배출 가스, 부유 분진, SO_x , NO_x 등의 오염 물질 유입에 의한 것 등이 있다 (Junge, 1955; Eldridge, 1966; Kasten, 1969).

공항 지역의 오염 물질 및 기상 요소에 의한 시정 장애에 관해서는 Hashimoto(1961; 1963)의 Haneda 공항, Freeman(1968)의 London 공항, Fumiaki(1985)의 Narita 공항 등에 관하여

연구한 바가 있다.

우리 나라의 공항 지역의 시정 장애에 대해서는 기상연구소(1986), 김(1987) 등의 김포 공항, 김(1990)의 수영만 안개의 통계적, 종관 기상학적인 특성에 관하여 연구하였다. 그리고 이 영옥과 정용승(1994)은 예천 및 대구 공항의 자료를 비교한 결과 비 강수시의 10km 이하의 저시정 발생 빈도와 대구 지역의 대기 오염 정도가 좋은 상관관계를 나타내어 대구 지역의 저시정이 분진 및 대기오염 물질에 의한 광화학 반응으로 인한 것임을 밝힌 바 있다.

김해공항은 Fig. 1에 제시한 바와 같이 낙동강 하류 삼각주인 부산광역시 강서구 명지동(35°N, 128.56°E)에 위치하고 있다. 남쪽으로는 남해 바다와 인접해 있고 남동쪽에 사상 및 장림 공단이 위치하고 있다. 뿐만 아니라 북서

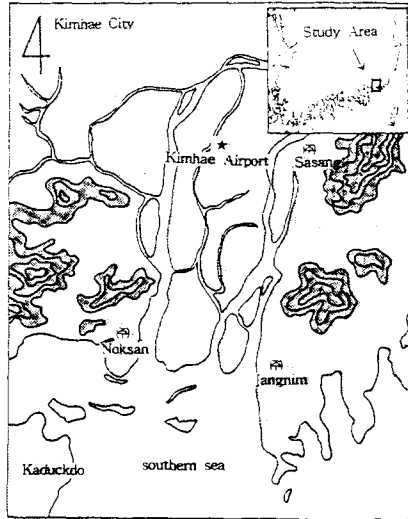


Fig. 1. Geographical map around Kimhae international airport.
(★: Kimhae international airport,
(주): industrial complex).

쪽의 장유 지역에 공단이 건설 중에 있으며 해풍의 유입 방향인 남서쪽에도 신호, 명지, 녹산 공단이 건설 중에 있어서 공단 완공 후 오염원의 배출이 있을 경우 그 유입이 아주 용이할 것으로 예상된다.

부산 일원의 산업 시설 증가와 더불어 대량의 물동량을 신속하게 수송할 필요성이 더 높게 되어 항공 교통량의 증가는 자명하다. 따라서 김해 공항의 시정장애 현상의 특징과 원인을 명확히 규명할 필요성이 있다. 따라서 본 연구는 김해 공항의 시정장애 강도별로 기후통계학적, 환경학적인 원인을 규명하고자 한다.

2. 자료 및 연구 방법

시정장애로 규정하는 시정 강도에 대해서는 학술 및 실용적인 측면에서 그 경계치에 다소의 차이가 있다. Corfield와 Newton(1968), Nomoto(1983) 등은 5km 이하, Chang과 Elain(1983)은 8km 이하, Holtzworth(1983)는 10km 이하를 장애 시정으로 정의하였다. 그리고 이영옥과 정용승(1994a; 1994b)은 대구 지방의 저시정(low visibility)과 대기오염의 관계를 연구함에 있어서 10km 이하로 수평 가시 거리가 나쁜 경우를 저시정으로 취급하였으나 시정 강도별 원인을 규명하지는 않았다.

본 연구에서는 김해 공항의 기상 관측야장에 기록된 시정장애(poor visibility)를 9km 이하, 8km 이하, 5km 이하, 3km 이하, 1km 이하로 나누어서 강도별 발생 원인을 규명하였다.

먼저 1971년부터 1988년까지 10년 동안의 항공기상연감을 사용하여 9km 이하 저시정의 연간 발생 경향을 조사하였다. 9km 이하의 경우는 그 발생 원인이 습기 유입과 오염물질 유입으로 인한 것으로 나눌 수 있는데, 전자는 습도가 높고, 후자는 습도가 낮은 조건에서 발생하므로 Miller et al.(1972)의 방법을 따라 9km 이하의 경우 상대습도 70% 이상인 날과 70% 이하인 날로 각각 구분하여 그 발생 빈도와 지속 시간을 조사하였다. 그리고 8km 이하의 경우는 발생 빈도가 높은 상대습도가 70% 이하의 경우만을 대상으로 하였다. 그러나 5km 이하와 비행 규칙상 계기 비행 단계에 해당하는 3km 이하, 안개로 분류되는 1km 이하의 경우는 상대습도가 70% 이상에서 대부분이 발생하였다. 따라서 본 연구에서는 시정장애를 이상에서 언급한 5 단계로 나누어서 각 강도별 특성 및 발생 원인을 조사하였다.

시정 강도별 발생일 수는 하루 중 최단 시정을 조사하여 정하였다. 시간별 시정 및 상대 습도를 야장에서 조사하여 시정장애의 지속 시간도 아울러 조사하였다. 그리고 시정 강도별로 바람장미 분석을 통하여 습기 및 오염 물질의 유입이 김해 공항의 시정에 미치는 영향도 조사하였다.

8km 이하 강도의 전 시정 연구에 사용된 자료는 5개년(1985-1989)의 김해 공항 공군기상대에서 관측한 일일 관측 야장, 항공기상연감, 기상청 발간 기상월보, 지상 일기도 등이다. 그리고 시정장애 발생일의 기압배치는 기상연구소(1986)에서 분류한 우리나라 주변의 대표적인 16가지 기압배치에 의거하여 조사하였다.

3. 결과 및 검토

3. 1 저시정의 발생 경향

관측 야장에 기록된 시정장애 중에서 여태까지는 항공기상에서 거의 관심을 기울이지 않았던 9km 이하를 저시정으로 정의하고 먼저 분석하였다. Fig. 2는 저시정 발생일을 조사한 것인데 전체 시정장애 발생일 중 48.1%가 저시정에 해당하였다. Miller et al.(1972)의 방법을 따라 조사한 결과 이 중에서 상대습도가 70% 이상

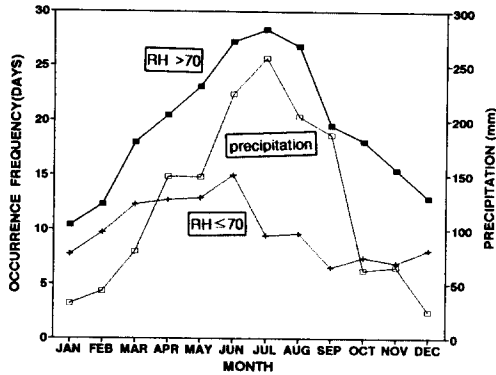


Fig. 2. Mean occurrences of low visibility(below 9km) and precipitations at each month.

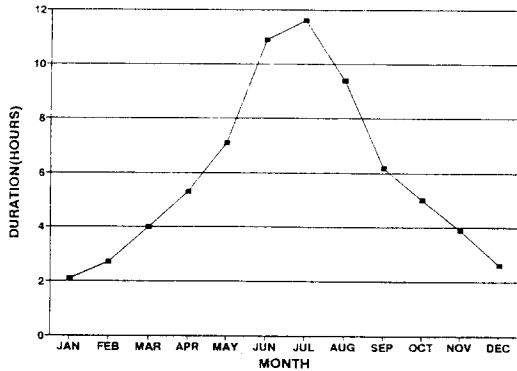


Fig. 3. Mean durations of low visibility(below 9km) at each month.

인 경우는 연평균 232.4일로 나타나 66.3%를 기록하였으며, 70% 이하인 경우는 연평균 118.2일로 33.7%를 보여 상대습도가 낮은 조건에서도 저시정이 많이 나타남을 알 수 있다. 월별 발생 경향은 상대습도 70% 이상인 경우는 여름철인 6, 7, 8월에 집중적으로 발생하여 계절적인 특성이 잘 나타나지만 상대습도 70% 미만인 경우는 4월에서 6월까지의 빈도가 높지만 7월에서 11월까지의 빈도가 낮음을 알 수 있다. 이는 부산 지방의 월별 강수량이 장마와 태풍에 의하여 7월부터 10월까지는 강수량이 많지만, 4월에서 6월까지의 강수량이 상대적으로 적으므로 이 시기의 저시정은 대구 지역과 같이 부유 분진과 광화학 스모그에 의한 시정장애 현상으로 생각된다.

한편 상대습도가 70% 이하인 경우, 저시정의

하루 평균 지속 시간은 Fig. 3에 제시한 바와 같이 5.9 시간으로 낮시간의 절반 동안 저시정이 지속되었다. 특히 7월에는 지속 시간이 11.6 시간으로 가장 길게 나타났다.

3. 2 시정장애 강도별 발생 경향

시정장애 강도별 발생 특성을 알아보기 위하여 시정을 선행 연구자의 분류 기준을 참고하여 8km 이하, 5km 이하, 3km 이하, 1km 이하의 4 단계로 분류하였다(Corfield와 Newton, 1968; Chang과 Eline, 1983; Nomoto, 1983).

Fig. 4는 1985년에서 1989년까지 5개년 동안의 김해공항 소재 공군 기상관측소의 일일 관측 야장을 근거로 하여 시정장애 강도별 월별 발생 빈도를 분석한 것이다. 전체적인 시정장애는 6월, 7월, 5월, 8월 등의 순으로 발생 빈도가

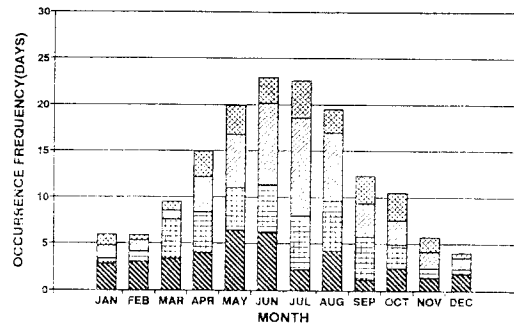


Fig. 4. Monthly mean occurrences of poor visibilities for each case.

(() : <= 1km, () : <= 3km, () : <= 4km, () : <= 5km,)

높으며, 여름철에 빈도가 높고 겨울철에는 비교적 낮게 나타났다.

상대습도가 70% 이하에서 발생하는 5~8km의 시정장애는 저시정의 경우와 같이 광화학 스모그일 가능성이 매우 높다(Millers et al., 1972). 시정이 8km 이하이고 상대습도가 70% 이하인 경우는 연평균 39일 발생하였는데 월별로 볼 때 5월, 6월의 순으로 발생 빈도가 높으며, 6월 이전은 상대적으로 높고 7월 이후는 낮다. 5km 이하인 경우는 연평균 40.2일 발생하였으며 11월에서 2월 사이에 빈도가 낮았으나 그 이외의 달은 발생 빈도의 뚜렷한 차이는 발견할 수 없었다. 따라서 5~8km의 경우도 저시정의 경우와 같이 저기압 내지는 전선 통과 같은 계절적 요인 이외의 대기오염 물질 요인이 작용하는 것으로 보인다.

반면 3km 이하의 경우는 연평균 49.2일 발생하였고 시정 강도 중에서 가장 발생 빈도가 높았다. 월별 발생 빈도는 7월, 6월, 8월, 5월의 순으로 나타나 하계에 높고 동계에 낮아 계절별 발생 빈도의 차이가 뚜렷하였다. 따라서 3km 이하의 시정장애는 여름철 장마전선 및 저기압 통과시의 강수가 주요인으로 생각된다. 반면 1km 이하의 연평균 26.4일 발생하였는데, 4월에서 10월까지의 발생 빈도 차이는 거의 없는 것으로 보아 남해로부터의 습기 이류 내지는 복사 냉각이 주 발생 요인으로 생각된다.

3. 3 시정장애의 발생 시각 및 지속 시간

Fig. 5는 하루 중 시각별 시정을 시정 강도에 따라 분석한 것이다. 시간적으로 볼 때 아침 6시에 3km 이하가 79회, 1km 이하가 42회, 5km 이하가 39회로 총 160회 발생하여 빈도가 특징적으로 높은 반면 그 이외의 시각에서는 빈도가 낮았다. 그러나 8km 이하인 경우는 총 195일 중 30.4%인 56회가 11시경에 발생하여 5km 이하의 전 시정장애가 극치를 나타내는 6시보다 5시간 정도 더 늦게 나타났다. 이것은 8km 이하의 시정장애 현상이 단순히 일사에 의한 안개의 소산만이 아니라 부유 분진, 광화학 반응 등의 요인이 작용하고 있음을 시사하는 것이다. 이것은 Fig. 6에 제시한 바와 같이 8km 이하의 평균 상대습도가 약 60%로 타 경우의 90% 이상에 비하여 30% 정도 더 낮게 나타나는 사실이 이를 잘 뒷받침 해 주고 있다.

한편 김해공항의 시정장애 지속 시간을 조사하기 위하여 시정 강도별 지속 시간을 Table 1에 나타내었다. 각 강도별로 본 최다 지속 시간은 1km 이하의 경우 1시간 미만이었으며,

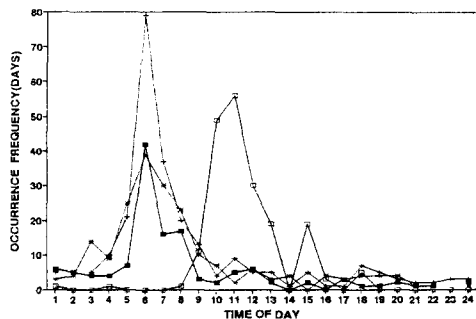


Fig. 5. Time variation of poor visibility occurrences for each case.

(—■— : $\le 1\text{km}$ - - -○- - : $\le 3\text{km}$
 - · -△- · : $\le 5\text{km}$ - · -◇- · : $\le 8\text{km}$)

3km 및 5km 이하의 경우는 1~3시간, 8km 이하가 평균 2시간 정도로 지속되어 시정 강도가 약할수록 지속 시간이 1~2시간 정도 더 오래 지속되었다.

3. 4 상대습도

상대습도와 시정은 음(-)의 상관 관계에 있다 (Junge, 1955; Kasten, 1969; Nomoto, 1976). Fig. 6에 제시한 바와 같이 김해 공항의 경우 시정이 1km, 3 km, 5 km 이하의 평균 상대습도가 각각 95.7%, 93.9%, 91.1%로 높은 가운데 발생하였으며 8km 이하의 경우는 평균 상대습도가 훨씬 더 낮은 60.2%에서 발생하였다.

풍향 및 풍속은 시정을 변화시키는 주요소 중의 하나로서 대기 중 수증기, 부유 분진, 오염 물

Table 1. Frequencies of poor visibilities for each cases

duration(hour)	$\le 1\text{km}$	$\le 3\text{km}$	$\le 5\text{km}$	$\le 8\text{km}$	total
0 - 1	45	33	24	54	156
1 - 2	25	56	43	54	178
2 - 3	27	50	41	28	146
3 - 4	17	35	28	22	102
4 - 5	7	22	21	13	63
5 - 6	3	14	10	12	39
6 - 7	2	7	5	5	19
7 - 8	4	7	7	3	21
8 - 9		3	4		7
9 - 10	2	2	4	2	10
10 - 11		1	2	1	4
11 - 12		3	1		4
12 - 13		9	3	1	13
13 - 14		2	2		4
above 14		2	6		8
total	132	246	201	195	774

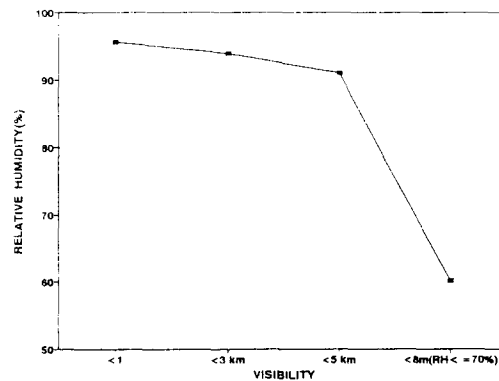


Fig. 6. Relationship between the visibility and the relative humidity.

김해공항 시정장애 원인의 통계적 분석

질 등의 유입과 가장 관계가 깊다. 김해공항의 시정장애와 인접한 공단에서 배출되는 오염 물질과의 관계를 규명하기 위하여 시정 장애 강도별 풍향 및 풍속을 조사하였다. Fig. 7에 나타낸 바와 같이 시정장애의 강도가 높을수록 정온 상태에서 발생하는 경우가 더 많았고, 5km, 3km, 1km 이하의 세 경우 중에서 5km의 북동쪽의 발생 빈도가 높은 것을 제외하고는 남쪽~남남서 풍향의 발생 빈도가 높게 나타나 복사 냉각과 아울러 남해로부터의 습기 이류의 영향이 큰 것으로 보인다.

3. 5 바람

반면 8km 이하의 경우는 정온 상태가 다른 경우에 비하여 가장 낮은 42.1%였다. 풍향은 북서, 남서, 남동 방향의 빈도가 높고, 풍속도 다른 세 경우에 비하여 강하게 나타나 주변의 공단으로부터 오염 물질의 유입이 용이함을 잘 알 수 있다.

특히 3km 이하에서 남서풍의 빈도가 높고, 풍속이 강하게 나타나 김해공항에서 이 방향에 위치하고 있는 신호, 명지, 녹산 공단이 완공될 경우 현재보다 오염 물질의 유입이 더 증가되어

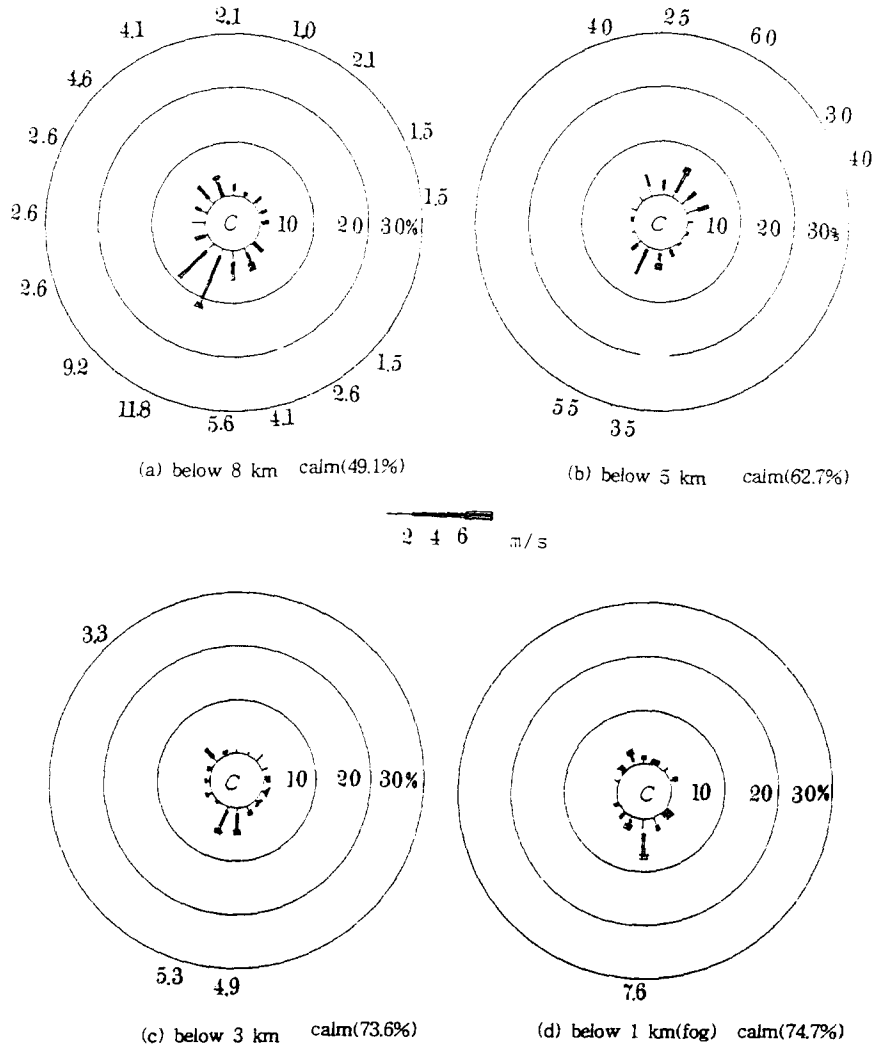


Fig. 7. Wind roses for the case of the poor visibilities.

시정장애가 더욱더 악화될 것으로 보인다.

3. 6 안개 발생시의 기압 배치

시정장애 현상은 주로 국지적 조건에 지배되지만 종관 규모 운동계의 영향을 받는다. 시정장애 발생을 예보하기 위하여 종관적인 대기의 상태를 파악하는 것이 필요하다. 시정장애 발생일의 기압배치에 관해서는 강(1981), 문(1982), 기상연구소(1986), 김(1988), 김(1990) 등이 있는데 본 연구에서는 기상연구소(1986)의 대표적인

기압배치형 16가지를 참고하여 김해공항에서 안개가 발생한 날의 기압계 유형을 조사하였다. 그 결과 패턴7이 20.5%(27일)로 가장 빈도가 높았으며, 그 다음으로 패턴10이 12.9%(17일), 패턴4가 11.4%(15일)의 순으로 분석되었다. 계절적으로 볼 때, 4, 5월은 패턴 4와 7의 빈도가 높았고, 9, 10월은 패턴 7과 14의 빈도가 높아 복사안개가 우세하였다. 반면 여름철인 6, 7, 8월은 패턴 10과 11의 빈도가 높아 전선안개및 이류안개가 우세하였다(Fig. 8).

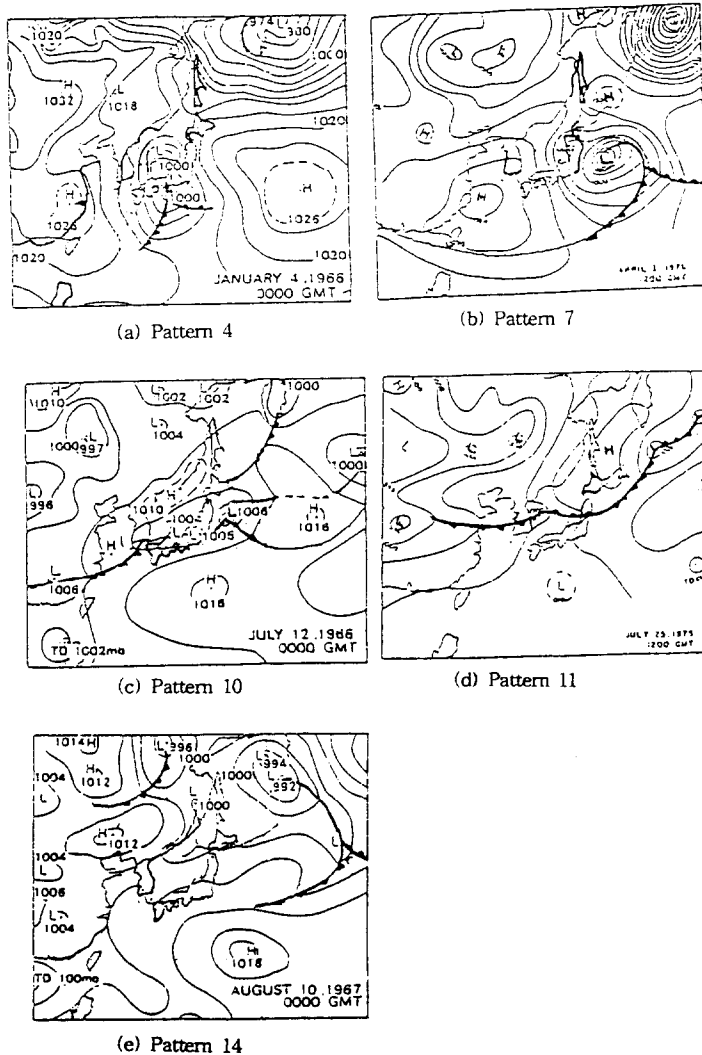


Fig. 8. Typical pressure patterns for the cases of poor visibilities in Kimhae international airport. (a) Pattern 4, (b) Pattern 7, (c) Pattern 10, (d) Pattern 11 (e) Pattern 14.

4. 결 론

1985년에서 1989년까지 5년 동안의 김해공항의 기상 관측 자료를 이용하여 시정장애의 발생 빈도와 그 원인을 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

(1) 1km, 3km, 5km 이하의 지정 장애는 주로 6시를 전후하여 정온 내지 미풍(2 m/s 이하) 일 때 발생하며 1~3 시간 동안 주로 지속되었다. 그리고 정온 내지는 남~남서 방향일 때 많이 발생하기 때문에 남해로부터의 습기 이류와 복사 냉각 그리고 강수 현상에 그 원인이 있다고 보여진다.

(2) 9km 이하의 저시정 중에서 상대 습도가 70% 이하인 경우는 3월에서 6월까지의 발생 빈도는 높아 부유 분진 내지는 광화학 스모그에 그 원인이 있다고 볼 수 있으나 6월 이후에는 강수 현상으로 발생 빈도가 현저히 낮게 나타났다.

(3) 8km 이하인 경우는 북서, 남동, 남서풍이 다소 강할 경우에 많이 발생하였다. 11시경의 극치는 사상, 장립 공단으로부터 오염 물질의 유입과 광화학 반응에 의한 것으로 생각된다. 그리고 신호, 명지, 녹산 등의 공단이 완공될 경우 해풍으로 인한 오염 물질의 유입으로 시정장애는 현재보다 더 악화될 것으로 생각된다.

(4) 1km 이하의 안개 발생 시의 기압배치는 기상연구소(1986)의 패턴 7, 패턴 10 및 4의 순으로 많았다.

참 고 문 헌

김동정, 1987, 가을철 한반도 기압계 유형과 안개 발생에 관한 연구, 경북대학교 교육대학원 석사 학위 논문.
 기상연구소, 1986, 국지 풍향 풍속의 기압 유형별 월별 평균값.
 기상연구소, 1988, 김포 공항의 안개 예보에 관한 연구.
 김순영, 1990, 수영만의 안개 발생에 관한 연구, 수산대학교 석사학위 논문.
 김애경, 1987, 김포 지방의 시정에 관한 연구, 부산대학교 교육대학원 석사 학위 논문.
 민경덕, 1976, 경부 고속도로 상의 안개 구역에서의 안개 발생에 관한 연구, 한국기상학회지, 12(1), p.13-24

이승삼, 이래영, 1970, 한국 안개 기후구 설정에 관하여, 한국기상학회지, 6(1), 1-15.
 이영옥, 정용승, 1994, 대구의 저시정과 대기오염에 관하여 : I. 시정감소, 한국기상학회지, 30(1), 21-26.
 이영옥, 정용승, 1994, 대구의 저시정과 대기오염에 관하여 : II. 대기오염, 한국기상학회지, 30(1), 27-34.
 한영호, 1973, 7월의 부산 지방의 이류무 예보에 관하여, Bull. Korean Fish Tech. Soc., 9, 9-23.
 Finderater J., 1985, Field investigations of radiation fog formation at outstations Met., Mag., 114, 188-201.
 Freeman M. K., 1968, Visibility statics for London Heathrow Airport, Met. Mag., 97, 214-218.
 Fumiaki F., 1985, Distribution of fog along the runway of the New Tyko International Airport, Denki, 32(8), 419-424.
 Gin J. D., D. H. Nachmson and J. Trijonis, 1981, Statistical relationship between median visibility and condition of worst case impact on visibility, Atm. Environ., 15, 2451-2462.
 Miller M. E., N. L. Confield, T. T. Ritter and C. R. Weaver, 1972, Visibility changes in Ohio, Tenn., from 1972 to 1969, Mon. Wea. Rev., 100, 67-71.
 Nomoto S., 1983, A climatological study of visibility in Japan, Geophysical Magazine, 3, 193-284.
 Pembert, J. and C. Goldberg., 1954, Air pollution and Bronchitis, Brit. Med., 4887, 567-570.
 Trijonis J., 1979, Visibility in California, J. of the Air pollution control Association, 32(2), 165-169.
 Yamada N., 1978, Meteorological characteristics and problems at the New Tokyo International Airport in Narita, Tenki, 25(8), 475-492.