

국내 기후변화 관련 감염병과 기상요인간의 상관성

김시현, 장재연
아주대학교 의과대학 예방의학교실

Correlations Between Climate Change-Related Infectious Diseases and Meteorological Factors in Korea

Si-Heon Kim, Jae-Yeon Jang

Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, Ajou University

Objectives: Infectious diseases are known to be affected by climate change. We investigated if the infectious diseases were related to meteorological factors in Korea.

Methods: Scrub typhus, hemorrhagic fever with renal syndrome (HFRS), leptospirosis, malaria and *Vibrio vulnificus* sepsis among the National Notifiable Infectious Diseases were selected as the climate change-related infectious diseases. Temperature, relative humidity and precipitation were used as meteorological factors. The study period was from 2001 through 2008. We examined the seasonality of the diseases and those correlations with meteorological factors. We also analyzed the correlations between the incidences of the diseases during the outbreak periods and monthly meteorological factors in the hyper-endemic regions.

Results: All of the investigated diseases showed strong seasonality; malaria and *V. vulnificus* sepsis were prevalent in summer and scrub typhus, HFRS and leptospirosis were prevalent in the autumn. There were significant correlations between the monthly numbers of cases and all the meteorological factors for malaria and *V. vulnificus* sepsis, but there were no correlation for the other diseases. However, the incidence of scrub typhus in hyper-endemic region during the outbreak period was positively correlated with temperature and humidity during the summer. The incidences of HFRS and leptospirosis had positive correlations with precipitation in November and temperature and humidity in February, respectively. *V. vulnificus* sepsis showed positive correlations with precipitation in April/May/July.

Conclusions: In Korea, the incidences of the infectious diseases were correlated with meteorological factors, and this implies that the incidences could be influenced by climate change.

Key words: Climate change, Communicable diseases, Disease vectors, Meteorological concepts

J Prev Med Public Health 2010;43(5):436-444

서론

매년 5천 7백만 명의 전세계 사망자 중 25%가 넘는 약 천 5백만 명이 감염병과 직접적으로 관련이 있는 것으로 보고되고 있다 [1]. 감염병은 선진국에서는 많이 줄었지만 소외계층과 개발도상국가에서는 아직도 사망과 질병의 가장 중요한 원인으로, 21세기에도 여전히 세계적인 보건문제 중 하나이다 [2]. 감염병 발생은 사회·경제적, 환경적, 생태학적 요인들과 연관이 있는데 [3], 특히 감염체(infectious agents), 매개체, 병원소(reservoir species), 병원체의 증식률은 기후조건에 민감한 것으로 알려져 있다 [4]. 감염병 매개체, 병원체, 숙주가 생존하고 번식하기 위해서는 적절한 기상조건이 필요하다 [5]. 특히 매개체 질병(vector-borne

diseases), 설치류 매개 질병(rodent-borne diseases), 수인성 질병(water-borne diseases)과 같은 감염병은 기후요소에 큰 영향을 받는 것으로 알려져 있다 [5-9]. 최근 기후변화는 점점 더 급격한 속도로 진행되고 있고 [10] 이에 따라 기상요인이 크게 변화, 변동하면서 향후 감염병 발생률 증가에 영향을 미칠 것으로 예측되고 있다 [11].

기후변화의 지표인 기상요인의 변화, 변동이 감염병에 어떻게 영향을 주는지에 대한 여러 연구들이 보고되었다. 기온 상승은 매개체 및 숙주의 번식과 증식 속도의 증가, 전파기간의 증가, 생태균형의 변화 및 이동과 같은 현상들을 야기한다 [7,12]. 또한 수인성 감염병을 일으키는 감염원의 성장과 생존에 영향을 준다 [5]. 강수량은 매개체의 개체수와 서식지, 숙주의 개체수 및 인간과의 접촉률에 영향을 주며 [7], 수인성 감염병의 확산에 영향을 줄 수 있다 [5].

기후변화로 인한 건강영향에 대한 관심이 높아지면서 미국과 유럽 지역의 연구에서 기상요인들이 감염병 발생에 중요한 영향을 주는 것으로 보고하고 있고, 적절한 예방과 적응을 위해 기후변화와 감염병에 관한 연구의 필요성을 강조하고 있다 [7,8]. 우리나라는 각종 전염병관리사업을 통해 감염병 발생을 줄이기 위해 노력해 왔고, 그 결과 급성전염병 발생률은 1990년대 중반까지 지속적으로 감소하였다. 그러나 1990년대 후반 이후 발생률이 증가하고 있다 [13]. 이처럼 감염병이 다시 증가하는 현상은 여러 가지 요인이 있을 수 있으며 또한 이들 요인들의 복합적인 작용의 결과일 수 있다.

국내 감염병 중에서도 주로 기후변화와 관련성이 높은 것으로 알려진 질병들이 증가 또는 재출현하는 특징을 보여, 기후변화와 관련성 연구의 필요성과 이에 기반한 질병관리대책의 필요성이 제기되었다 [14]. 그러나 국내에서 기상요인이 감염병 증가에 영향을 미치고 있다는 사실에 대한 학술적 연구를 찾아보기 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 기후변화와 관련성이 높다고 알려진 감염병들을 대상으로 기상요인과의 상관성을 분석함으로써 국내에서도 감염병 발생에 기후변화가 영향을 주고 있거나 향후 줄 수 있는지를 평가해 보고자 하였다.

연구방법

1. 연구대상 및 자료

감염병 환자발생자료는 질병관리본부의 2001년부터 2008년까지 신고된 법정전염병 개인발병자료를 이용하였다. 2000년도에 국가 전염병 데이터베이스가 구축되면서 2001년부터는 발생일, 발생지역 등과 같은 개별 발병의 상세정보가 확보되고, 자료의 신뢰도가 높아졌기 때문이다. 연구대상인 국내 기후변화 관련 감염병의 선정기준은 첫째, 모기, 진드기 등 매개체 질병과 설치류 매개 질병, 그리고 수인성 질병과 같이 기후변화와 관련성이 높은 것으로 알려져 있고, 둘째, 국내 발생률이 상대적으로 높은 감염병이었다. 본 연구에서는 쯔쯔가무시증, 신증후군출혈열, 렘토스피라증, 말라리아, 비브리오패혈증을 연구대상으로 선택하였다. 국내의 선행 연구 [14]에서도 선택된 감염병들이 기후변화와 관련이 있고 국내 발병자수도 상대적으로 많아 우선 연구대상으로 제시된 바 있다. 각 질병들의 개인발병 자료 중 성, 연령, 발생지역, 직업, 발병일, 진단일, 확진검사, 사망 여부를 조사하였다. 사례 중 확진 검사상 음성이거나, 발병 시기를 알 수 없거나, 해외에서 유입된 것으로 구

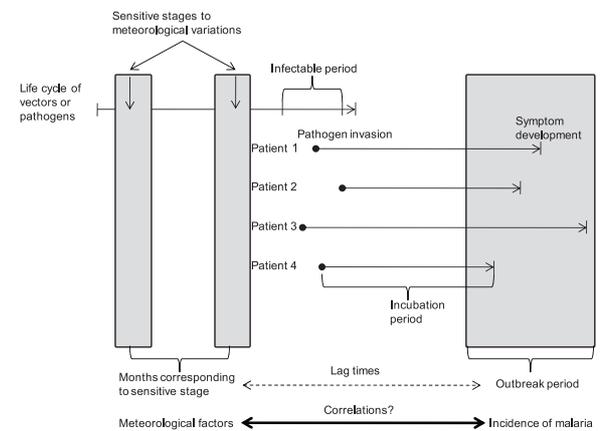


Figure 1. Concept of study design.

분된 사례는 제외하였다. 개인별 질병 발생시기는 발병일을 기준으로 하였다. 발병일이 기록되지 않고 진단일만 기록된 사례의 비율이 쯔쯔가무시증에서 0.1%, 신증후군출혈열, 0.4%, 렘토스피라증, 0.8%, 말라리아, 0.2%, 비브리오패혈증, 0.4%이었는데, 이 경우는 그 감염병 전체 환자들의 발병일과 진단일 차이의 중위값을 이용해 개인별 발병일을 추정하였다.

같은 기간의 기상자료는 전국의 기상청과 기상대에서 측정한 자료를 이용하였다. 도서지역과 해발고도가 200 m 이상인 고지대 지역의 기상측정소는 지역별 기상요인의 평균값을 왜곡시킬 수 있기 때문에 분석에서 제외하였다. 분석에 포함된 기상요인은 평균기온(°C), 최고기온(°C), 최저기온(°C), 상대습도(%), 강수량(mm)이었다. 연도별, 지역별 인구는 통계청의 주민등록인구자료 [15]를 활용하였다.

2. 분석방법

연구대상 감염병들의 개인별 발병자료를 활용하여 성, 연령, 직업별 발생건수와 지역에 따른 발생률을 분석하였다. 감염병 발생률은 연평균 인구 백만명당 누적발생률로, 조사기간 동안 연도별 각 시·도에서 발생한 총 환자수를 같은 해 그 지역의 평균 인구수로 나눈 값들의 평균으로 계산하였다. 각 감염병 발생의 연중 변화 양상이 어떤 계절성을 나타내고, 국내의 연중 기후 양상과 상관성이 있는지 확인하기 위하여, 8년간 전국에서 발생한 월별 총 사례수와 각 월에 해당하는 기상요인들의 전국 평균값을 이용하여 상관분석을 하였다.

특정 시기의 기상요인 변동이 각 감염병 발생률에 영향을 미칠 가능성을 평가하기 위해 연도별 감염병 발생률과 기상요인의 상관분석을 실시하였다. Figure 1과 같이 조사대상 감염병과 같은 매개체를 통한 질병일 경우, 각각의 고

Table 1. General characteristics of the infectious diseases (2001-2008)

	Scrub typhus	HFRS	Leptospirosis	Malaria	<i>V. vulnificus</i> sepsis
Total no. of cases	30141	3004	965	10072	452
Incidences*	77.3	7.7	2.5	25.8	1.2
Case-fatality rate (%)	0.16	0.96	0.93	0.05	50.88
Sex, n (%)					
Male	10636 (35.3)	1719 (57.2)	575 (59.6)	7940 (78.8)	399 (88.3)
Female	19505 (64.7)	1285 (42.8)	390 (40.4)	2132 (21.2)	53 (11.7)
Age (y)					
Mean	59.7	55.3	60.1	36.3	55.6
SD	15.4	16.2	14.7	16.5	10.4
Occupation, n (%)					
Housewives	5217 (17.3)	279 (9.3)	59 (6.1)	537 (5.3)	17 (3.8)
Armed forces	43 (0.1)	29 (1.0)	5 (0.5)	164 (1.6)	0 (0.0)
Craft and related trades workers	190 (0.6)	46 (1.5)	5 (0.5)	236 (2.3)	7 (1.5)
Technicians and associate professionals	156 (0.5)	30 (1.0)	7 (0.7)	204 (2.0)	9 (2.0)
Skilled agricultural, forestry and fishery workers	12090 (40.1)	1166 (38.8)	552 (57.2)	1231 (12.2)	99 (21.9)
Elementary occupations	454 (1.5)	78 (2.6)	14 (1.5)	447 (4.4)	31 (6.9)
Inoccupations	4632 (15.4)	384 (12.8)	124 (12.8)	964 (9.6)	137 (30.3)
Clerks	690 (2.3)	125 (4.2)	24 (2.5)	683 (6.8)	7 (1.5)
Service workers	468 (1.6)	81 (2.7)	7 (0.7)	699 (6.9)	4 (0.9)
Legislators, senior officials and managers	4 (<0.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	2 (<0.1)	0 (0.0)
Plant, machine operators and assemblers	103 (0.3)	19 (0.6)	5 (0.5)	117 (1.2)	3 (0.7)
Professionals	45 (0.1)	11 (0.4)	0 (0.0)	40 (0.4)	1 (0.2)
Sale workers	176 (0.6)	42 (1.4)	6 (0.6)	416 (4.1)	9 (2.0)
Students	542 (1.8)	72 (2.4)	13 (1.3)	2305 (22.9)	2 (0.4)
The others	5331 (17.7)	642 (21.4)	144 (14.9)	2027 (20.1)	126 (27.9)
Region, incidences*					
Gangwon	31.31	12.74	2.96	48.23	0.33
Gyeonggi	29.57	5.88	1.14	45.52	0.65
Gyeongnam	145.43	6.17	1.86	9.02	3.09
Gyeongbuk	117.24	13.37	4.15	9.41	0.97
Gwangju	104.96	9.98	4.28	10.25	1.78
Daegu	54.23	1.99	0.85	8.41	0.45
Daejeon	120.60	3.80	0.95	10.71	0.60
Busan	72.76	1.98	0.79	10.12	1.30
Seoul	12.57	2.51	0.47	21.43	0.59
Ulsan	122.64	3.81	1.04	13.73	0.35
Incheon	15.38	5.65	0.57	96.48	0.81
Jeonnam	221.09	16.96	14.51	9.49	6.72
Jeonbuk	259.66	25.50	10.53	11.84	1.77
Jeju	25.22	0.23	0.45	5.18	0.68
Chungnam	247.52	29.09	6.58	9.59	0.70
Chungbuk	115.05	15.20	3.42	11.10	0.33

HFRS: hemorrhagic fever with renal syndrome.

*Means of yearly cumulative incidences = Σ (number of cases of a disease during one year / average population during that period of time X 1 000 000) / 8

유한 발생기전이나 매개체의 생애주기 등에 따라 기상요인 변동에 민감한 단계가 있을 수 있으며, 이 단계는 보통 질병의 다발생 기간과 겹치거나 선행될 것으로 예상된다. 예를 들어 매개체 부화시기의 기상과 관련성이 있을 수도 있고, 기타 다른 요인으로 인해 질병발생이 기상요인의 변화에 즉각적으로 반응하지 않고 지연시간(lag time)이 있을 수 있다. 또한 환자마다 병원체에 직접 또는 매개체를 통해 병원체가 인체에 침입하는 시기가 다르고, 증상이 발현되기까지 잠복기의 기간에서도 환자간 차이가 있을 수 있다. 이들 매개체 질병의 경우 이러한 불확실성은 대기오염 등으로 인한 건강영향 등과 같이 시계열적으로 영향이 나타나는

질병에 비해 훨씬 클 것으로 예상된다.

이런 점을 고려하여 본 연구에서는 질병 발생률은 각 연도별 감염병들의 다발생 기간 동안 환자 발생률로 하고, 선행 또는 다발생 기간의 월별 기상요인들의 평균값 사이의 상관성을 분석하였다. 이 경우 감염병이 발생하지 않거나 미미한 지역까지 분석에 포함되면 실질적인 상관성이 희석될 수 있기 때문에 다발생 지역만을 분석대상으로 하였다. 다발생 지역의 기상요인은 그 지역 전체의 월별 평균값을 이용하였다. 개별 질병별로 다발생 기간의 정의는 8년간 전국에서 발생한 건수들의 월별 분포를 이용해 연간 총 발생 건수의 70% 이상이 집중적으로 발생되는 시기로 하였고,

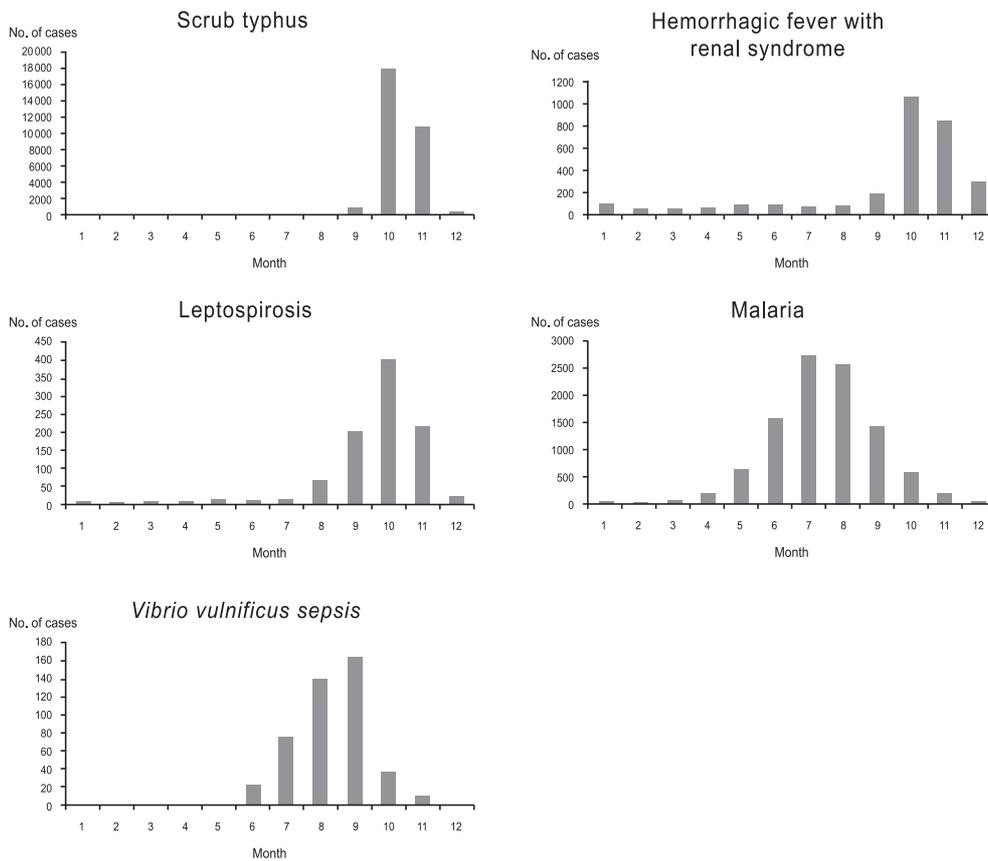


Figure 2. Seasonality of the infectious diseases (2001-2008).

다발생 지역은 지역별 발생률이 가장 높은 순서대로 세 개의 시·도를 선택하였다. 통계 분석은 SPSS version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용하였고, 유의수준은 0.05로 하였다.

결 과

1. 연구대상 감염병 발병의 일반적인 특성

Table 1은 2001년부터 2008년까지 연구대상 감염병 환자들의 성, 연령, 직업, 발생지역에 따른 분포를 나타낸 것이다. 찌쯌가무시증의 연평균 발생률은 인구 백만명 당 77.3명으로 연구대상 감염병 중 가장 높았으며, 말라리아가 25.8명, 신증후군출혈열이 7.7명의 순이었다. 찌쯌가무시증은 전체 환자의 64.7%가 여성이었으나 다른 감염병들은 남성이 차지하는 비율이 더 높았다. 특히 비브리오패혈증과 말라리아는 전체 환자의 대부분인 각각 88.3%와 78.8%가 남성이었다. 환자들의 평균 연령은 대부분의 감염병이 55세 이상으로 주로 노년층이 취약한 것으로 나타났으나, 말라리아는 환자의 평균연령이 36.3(±16.5)세로 다른 감염병에 비해 젊은 세대에서 많이 발생하는 것으로 나타났다.

라리아는 환자의 평균연령이 36.3(±16.5)세로 다른 감염병에 비해 젊은 세대에서 많이 발생하는 것으로 나타났다.

렙토스피라증(57.2%), 찌쯌가무시증(40.1%), 신증후군출혈열(38.8%)은 농림어업 종사자에서 가장 많이 발생하였으며, 비브리오패혈증(21.9%)도 이들에 비해서 비율은 낮지만 농림어업 종사자들이 상대적으로 가장 취약한 직업군이였다. 말라리아는 학생(22.9%), 그리고 군인을 포함하고 있는 기타 직종(20.1%)에서 가장 많이 발생하였다. 찌쯌가무시증, 신증후군출혈열, 렙토스피라증은 동일하게 전북, 전남, 충남 등 서남부 지역에서 많이 발생하였으며, 비브리오패혈증은 전남지역이 타지역에 비해 발생률이 월등하게 높았고 그 다음은 경남과 광주로, 남부지역에서 발생률이 높은 특징을 보였다. 말라리아는 다른 감염병과 달리 인천, 강원도, 경기도와 같이 위도가 높고 휴전선과 가까운 지역에서 발생률이 높았다.

2. 연중 감염병의 계절성 및 기상요인과의 상관성

Figure 2는 연구대상 감염병들의 월별 환자발생건수를 표시한 것으로 각 감염병의 계절성을 보여고 있다. 찌쯌가

Table 2. Correlations between the monthly numbers of cases and meteorological factors for the infectious diseases (2001-2008)

Diseases	Meteorological factors				
	Average temperature	Maximum temperature	Minimum temperature	Relative humidity	Precipitation
Scrub typhus	-0.024	0.010	-0.041	0.054	-0.306
HFRS	-0.091	-0.062	-0.101	0.040	-0.352
Leptospirosis	0.153	0.182	0.144	0.261	-0.174
Malaria	0.881*	0.846*	0.912*	0.942*	0.966*
<i>V. vulnificus</i> sepsis	0.697*	0.673*	0.725*	0.814*	0.656*

Each value is the Pearson's correlation coefficient between the number of cases and monthly mean value of meteorological factor.

HFRS: hemorrhagic fever with renal syndrome.

* $p < 0.05$.

무시증, 신증후군출혈열, 렙토스피라증은 가을철에, 말라리아와 비브리오패혈증은 여름철에 환자 발생이 크게 증가하는 경향을 보이고 있다. 렙토스피라증은 9-11월, 쯔쯔가무시증은 10-11월, 신증후군출혈열은 10-12월에 대부분의 환자가 집중해서 발생하며, 말라리아는 6-9월, 비브리오패혈증은 7-9월에 대부분의 환자가 발생하였다. 연중 다른 기간에는 거의 환자가 발생하지 않고 있어 이들 감염병은 계절성이 매우 강한 것으로 나타났다.

Table 2는 연중 연구대상 감염병들의 월별 환자발생건수와 기상요인들의 월평균값 사이의 상관성을 분석한 결과이다. 말라리아 환자발생건수는 연중 기온, 습도, 강수량의 변화 패턴과 양의 상관관계가 매우 높았다. 비브리오패혈증도 상관계수의 값은 말라리아에 비해 다소 낮지만 역시 유의한 양의 상관성을 보였다. 반면에 쯔쯔가무시증, 신증후군출혈열, 렙토스피라증은 월별 환자발생건수가 동일한 시기의 기상요인들과 유의한 상관성을 보이지 않았다.

3. 연도별 기상요인 변동에 따른 감염병 발생률의 변화

Table 3은 연구대상 감염병들의 다발생 기간 동안의 다발생 지역에서의 연도별 환자 발생률과 선행 또는 다발생 기간의 월평균 기상요인과의 상관관계 분석결과를 나타낸 것이다. 쯔쯔가무시증은 주로 여름철 기상요인들과 상관관계가 있어, 8월 평균기온, 6월과 7월 습도와 양의 상관성(각각 $r=0.721, p=0.044$; $r=0.755, p=0.03$; $r=0.723, p=0.043$)을 보였다. 그 밖에는 1월 강수량과 음의 상관성($r=-0.741, p=0.035$)을 보였다. 신증후군출혈열은 다발생 기간인 11월의 강수량과 양의 상관성($r=0.756, p=0.03$)을 보였으며, 렙토스피라증은 2월의 평균기온, 최고기온, 최저기온, 습도 등 다수의 기상요인들과 상관성이 높았으며(각각 $r=0.866, p=0.005$; $r=0.800, p=0.017$; $r=0.884, p=0.004$; $r=0.732, p=0.039$), 그밖에는 5월 최저기온과 양의 상관성($r=0.821, p=0.012$)이 있었다. 비브리오패혈증은 봄철과 7월의 기상요인

들과 상관성이 높았다. 즉 4월과 5월의 강수량 그리고 4월의 최저기온과 양의 상관성(각각 $r=0.886, p=0.003$; $r=0.779, p=0.023$; $r=0.755, p=0.03$)이 있었고, 7월의 평균기온, 최고기온, 최저기온 및 강수량과 상관성(각각 $r=-0.798, p=0.018$; $r=-0.840, p=0.009$; $r=-0.710, p=0.048$; $r=0.750, p=0.032$)을 보였다. 말라리아의 발생률은 기상요인들과 유의한 상관성을 보이지 않았다.

고 찰

본 연구는 일반적으로 기후변화에 영향을 받는다고 알려진 감염병들을 대상으로 국내에서도 기상요인과 감염병 발생이 상관성이 있는지 확인하고자 시행되었다. 본 연구의 조사 대상 감염병들은 계절성이 뚜렷한 발병형태를 나타내 기후변화와 관련성이 높을 가능성을 보였다. 말라리아와 비브리오패혈증은 여름철에 높은 발생률을 보인 반면, 쯔쯔가무시증, 신증후군출혈열, 렙토스피라증은 가을철에 발생률이 높았다. 서로 다른 계절성으로 인해 국내 연중 기상요인과의 상관분석에서도 말라리아와 비브리오패혈증은 모든 기상요인과 유의한 상관성을 보였지만, 나머지 세 감염병은 기상요인과 관련이 없었다. 여름철 고온다습한 환경이 말라리아와 비브리오패혈증 발생에 유리한 조건이며, 이 시기의 기상요인 변동이 감염병 발생률 변화에 민감하게 작용했을 가능성을 생각할 수 있다. 반면 쯔쯔가무시증, 신증후군출혈열, 렙토스피라증은 기온, 강수량, 습도가 높아지는 여름철보다는 어느 정도의 시간이 경과한 후에 환자 발생이 증가하였다. 이것은 날씨변화가 빠른 시간 안에 이들 감염병 발생에 직접적인 변화를 일으키는 것이 아니라, 진드기나 설치류와 같은 매개체의 생활사 및 사람과의 접촉 경로 등 복합적인 기전을 통해 복잡한 형태로 영향을 받기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 가능성들을 확인하기 위해 연도별 각 질병들의

Table 3. Correlations between incidences of the infectious diseases during the outbreak periods* and monthly mean values of meteorological factors during the preceding or outbreak period in hyper-endemic regions† (2001-2008)

Diseases	Meteorological factors	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Scrub typhus	Average temperature	0.074	-0.355	-0.351	-0.457	-0.373	0.595	0.244	0.721 [†]	0.179	0.553	0.284	-
	Maximum temperature	0.108	-0.359	-0.256	-0.280	-0.041	0.477	0.194	0.678	-0.122	0.592	0.426	-
	Minimum temperature	0.114	-0.391	-0.432	-0.481	-0.634	0.565	0.335	0.643	0.272	0.473	0.163	-
	Relative humidity	-0.444	-0.370	-0.089	0.121	-0.001	0.755 [†]	0.723 [†]	0.097	0.371	0.616	-0.063	-
	Precipitation	-0.741 [†]	-0.084	0.100	-0.573	0.021	0.070	0.016	-0.343	0.121	-0.442	0.064	-
HFRS	Average temperature	-0.111	0.264	-0.339	-0.286	-0.351	0.367	-0.495	0.129	-0.266	-0.259	0.507	-0.084
	Maximum temperature	0.124	0.150	-0.309	-0.375	-0.474	0.575	-0.518	0.082	-0.594	-0.051	0.485	-0.027
	Minimum temperature	-0.221	0.295	-0.387	-0.091	-0.098	-0.086	-0.474	0.303	0.031	-0.415	0.462	-0.109
	Relative humidity	-0.117	0.340	-0.375	0.080	0.602	-0.052	0.468	0.279	0.347	-0.314	0.066	0.082
	Precipitation	-0.697	0.022	0.000	0.355	0.395	-0.126	0.656	0.350	0.293	-0.633	0.756 [†]	0.200
Leptospirosis	Average temperature	-0.093	0.866 [†]	0.114	-0.446	0.526	0.053	-0.368	0.170	-0.372	-0.135	-0.041	-
	Maximum temperature	0.162	0.800 [†]	0.032	-0.285	0.003	0.009	-0.317	0.135	-0.465	-0.205	-0.014	-
	Minimum temperature	-0.271	0.884 [†]	0.210	-0.465	0.821 [†]	-0.069	-0.428	0.223	-0.234	-0.081	0.005	-
	Relative humidity	0.413	0.732 [†]	-0.216	-0.349	0.215	-0.571	-0.357	-0.214	-0.099	-0.283	0.090	-
	Precipitation	0.077	0.699	0.145	0.084	-0.163	-0.057	0.181	0.183	0.466	0.342	-0.024	-
Malaria	Average temperature	0.252	0.173	-0.169	-0.496	0.459	0.191	-0.223	0.627	-0.197	-	-	-
	Maximum temperature	0.261	0.163	-0.167	-0.455	0.458	0.219	-0.152	0.523	-0.093	-	-	-
	Minimum temperature	0.241	0.188	-0.173	-0.631	0.431	0.122	-0.264	0.657	-0.259	-	-	-
	Relative humidity	0.277	0.283	-0.097	-0.243	-0.445	-0.186	-0.261	-0.308	-0.395	-	-	-
	Precipitation	0.333	-0.246	0.106	-0.391	-0.149	-0.125	0.126	-0.259	-0.245	-	-	-
<i>V. vulnificus</i> sepsis	Average temperature	-0.009	0.153	0.079	0.069	-0.559	-0.315	-0.798 [†]	-0.457	-0.170	-	-	-
	Maximum temperature	-0.017	0.051	-0.086	-0.471	-0.512	-0.174	-0.840 [†]	-0.484	-0.049	-	-	-
	Minimum temperature	-0.055	0.288	0.210	0.755 [†]	0.024	-0.393	-0.710 [†]	-0.311	-0.169	-	-	-
	Relative humidity	0.062	0.372	0.401	0.623	0.464	-0.262	0.342	0.346	0.011	-	-	-
	Precipitation	0.108	-0.306	0.080	0.886 [†]	0.779 [†]	-0.110	0.750 [†]	0.258	0.159	-	-	-

Each value is the Pearson's correlation coefficient between disease incidence rate and monthly mean value of meteorological factor.

HFRS: hemorrhagic fever with renal syndrome.

* Scrub typhus: October to November, HFRS: October to December, leptospirosis: September to November, malaria: June to September, *V. vulnificus* sepsis: July to September.

† Scrub typhus, HFRS and leptospirosis: Jeonnam, Jeonbuk and Chungnam; malaria: Incheon, Gangwon and Gyeonggi; *V. vulnificus* sepsis: Jeonnam, Gyeongnam and Gwangju.

[†] p<0.05.

다발생 기간 동안 발생률 변화와 관련이 있는 선행시기의 기상요인이 무엇인지 조사한 후, 질병 발생 과정에서 그 시기가 어떠한 단계에 해당하며, 기상요인이 어떻게 그 단계에 영향을 줄 수 있는지 검토하였다. 조사된 감염병 중에서 발생률이 가장 높았던 쯔쯔가무시증은 진드기 매개 질병으로, 매개체인 털진드기류는 변온동물에 속하기 때문에 생태 및 번식, 개체수 등이 기후변화의 영향을 많이 받는 것으로 알려져 있다 [6,7]. 본 연구에서는 쯔쯔가무시증 환자 발생률이 8월 기온과 6, 7월 습도 등 주로 여름철 기상요인들과 양의 상관관계가 있었다. 쯔쯔가무시증의 매개체인 털진드기는 알, 유충, 자충, 성충의 4단계 생활사를 거치는데, 열대지방에서는 성충이 연중 계속 산란하지만 우리나라와 같은 고위도지역에서는 가을과 겨울에는 산란이 중지되는 것으로 알려져 있다 [16]. 국내 털진드기의 유충이 주로 10월에 집중적으로 나타난다는 보고 [17]로 미루어보아 우리나라에서는 여름철이 성충이 산란하는 계절로 추정된다. 기온이 상승하면 진드기 유충의 개체수가 증가한다는 보고 [18]가 있기 때문에, 8월 기온의 상승은 유충 개체수의 증가

에 영향을 미칠 수 있다. 또한 성충은 주위 환경의 생태적 조건에 따라 민감하게 반응하는데, 습도가 낮으면 땅속 깊이 들어가 산란을 중지한다는 보고가 있다 [16]. 따라서 본 연구에서 8월 기온이 높은 것과 6, 7월 등 여름철 습도가 높은 것이 쯔쯔가무시증 환자수 증가와 상관이 높은 결과는, 기존 털진드기 생활사 연구결과의 의미와 잘 일치하는 것이라고 할 수 있다.

다른 한편으로는 여름철 기온과 습도가 높으면 식생에 영향을 주면서 털진드기의 주된 숙주인 등줄쥐가 생활하기 적합한 환경이 조성되어 질병 발생에 영향을 미칠 가능성을 생각할 수 있다. 국내에서 쯔쯔가무시증 환자가 많이 발생한 시·군 단위의 좁은 지역에서 시행된 연구 [19]에서 여름철 강수량이 많은 해 가을에 환자가 많이 발생하였다고 보고한 바 있는데, 본 연구에서 여름철이 고온, 다습할 경우 가을철에 쯔쯔가무시증 환자가 많아질 가능성을 제시한 것과 일치하는 것이다.

또한 본 연구에서 1월 강수량이 환자발생률과 음의 상관성을 보였는데, 이 시기는 털진드기 유충이 활동을 중지하고

월동을 하는 기간이다. 1월 강수량은 적설량을 의미하므로 월동기간 중의 적설량 증가가 진드기 생존율에 영향을 미친다는 의미로 해석될 수 있다. 그러나 실제로 그런 현상이 발생하는지는 아직 판단할 근거가 부족하므로, 이 분석결과가 의미가 있는지는 추가적인 확인이 필요할 것으로 생각된다.

신증후군출혈열과 렙토스피라증은 설치류 매개 질병으로, 이런 감염병의 전파는 주로 설치류의 밀도, 행동, 환경 조건, 먹이의 영향을 받는데, 날씨 조건이 설치류의 개체수에 영향을 주는 것으로 알려져 있다 [7,8]. 본 연구에서도 설치류 매개 질병인 신증후군출혈열과 렙토스피라증의 발생률이 기온, 습도, 강수량과 양의 상관성을 보였다.

그러나 신증후군출혈열은 다발생기간인 11월의 강수량만이, 렙토스피라증은 주로 2월의 기상요인들과 환자 발생률 사이에 상관관계가 있는 등 차이가 있었다. 두 질병이 설치류를 매개로 하는 질병이지만, 신증후군출혈열이 설치류의 체액을 통해 배출된 바이러스가 호흡기를 통해 사람에게 감염되어 발생하는 반면, 렙토스피라증은 감염된 설치류의 배설물에 직접 접촉하거나 오염된 물, 음식물 또는 상처 난 피부를 통해 감염되는 것으로 알려져 있기 때문에, 이러한 감염병 발생 기전의 차이로 인한 결과일 수 있다.

기온이 높고 강수량이 많으면 식물의 씨앗 생산 증가로 인해 먹이가 증가하여 쥐의 밀도가 높아진다고 보고한 연구들이 있고 [20-23], 설치류가 물이 있는 곳에서 서식하는 습성이 있다는 점을 고려하면 강수량이 많을수록 서식처가 확대될 가능성이 높다. 그러나 본 연구에서는 신증후군출혈열의 발생률이 특별하게 11월 강수량과만 상관성이 높았기 때문에, 11월의 강수량 증가가 신증후군출혈열 발생 과정에 어떻게 영향을 미칠 수 있는지는 좀 더 연구가 필요할 것으로 판단된다. 렙토스피라증은 신증후군출혈열과 달리 다발생기간의 기상요인들과는 상관성이 없고 오히려 훨씬 이전인 2월의 기상요인들과 상관성이 높았다. 이런 결과는 설치류와 사람들과의 접촉경로보다는 설치류와 병원균 사이의 특정 기전이 영향을 받았을 가능성을 시사하는 것이지만 이에 대한 선행 연구가 없어 현 단계에서는 판단하기 어렵다.

말라리아는 암컷 *Anopheles* 종 모기가 흡혈하면서 *Plasmodium* 원충에 감염되어 발생하는 감염병으로, 세계적으로 기후변화와의 관련성에 대해 가장 많은 연구가 진행되었다. 본 연구에서 말라리아는 기온, 강수량, 습도 등이 높은 여름철에 다발생하여 연중 기상요인의 변화와 상관성이 매우 높았으나, 다발생기간의 발생률이 특정시기의 기상요인과 상관성을 보이진 않았다. 이런 결과는 일부 외국의 연구결과들과는 다른 것으로, 케냐에서 시행된 연구에

서는 말라리아 발생률 증가가 3-4개월 이전의 강수량, 최고 기온과 연관이 있었고 [24], 마다가스카르에서는 말라리아 유행 시작 시기의 최저기온과 연관이 있다는 보고가 있었다 [25]. 또한 에티오피아에서는 한달 전 최저기온과 연관이 있었다 [26]. 이런 외국 연구결과와의 차이는 이들 지역의 열대열 말라리아의 잠복기가 평균 12일인 반면, 국내에서 주로 발생하는 말라리아는 삼일열 말라리아로서 6-12개월의 장기간의 잠복기를 보이는 경우도 있는 등 질병발생 양상이 크게 다르기 때문일 수 있다 [27,28]. 즉, 말라리아 환자 발생이 올해만이 아닌 전년도의 기상요인에 의해서도 복합적으로 영향을 받을 경우 통계적인 관련성이 잘 나타나지 않을 수 있다.

그러나 그보다 더 큰 영향을 주었을 것으로 판단되는 요인은 국내의 말라리아 관리사업을 생각할 수 있다. 이 사업은 1993년 이후부터 시행되었으며, 말라리아 확산 방지와 조기 퇴치를 목표로 실시되었다 [29]. 환자가 급증한 다음 해에는 이러한 사업이 강력하게 실시되고 그 결과 말라리아 매개 모기 개체수 감소 및 모기와 인간의 접촉률 감소, 인간의 면역력 강화 등의 효과가 발생하여 환자가 줄어들게 된다. 이처럼 외부에서의 개입활동이 여러 차례 발생한 기간 중에는 질병발생자수와 기상요인간의 상관성이 나타나지 않을 가능성이 높다.

비브리오패혈증은 *Vibrio vulnificus*에 오염된 해산물을 생식하거나, 균에 오염된 해수에 상처가 노출되어 발생하는 수인성 감염병이다. 강수 또는 기온과 같은 기상요인들이 수인성 감염병의 병원체에 영향을 줄 수 있는 것으로 알려져 있다 [5]. 기존 연구에서 비브리오패혈증의 원인균인 *V. vulnificus*의 수가 해수의 염도와 음의 상관성을 보이고 [30], 빗물이 바다로 흘러 들어 염도가 낮은 지역이 염도가 높은 지역보다 균 검출률이 높았다 [31]. 실험상으로도 염도가 낮을수록 균의 성장률이 높았고, 특정 염도 이상에서는 균수가 감소하였다 [31,32]. 이런 연구결과들은 강수량이 많아지면 강하구의 해수 염도가 낮아져 *V. vulnificus*균이 잘 증식할 수 있는 환경이 만들어지고, 그로 인해 비브리오패혈증 환자발생 증가에 영향을 미칠 가능성을 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서 비브리오패혈증 환자수가 봄철과 7월 강수량이 많을수록 증가하는 것으로 나타난 것도 이런 기전과 관련이 있을 것으로 추정할 수 있다.

또한 비브리오균 증식은 해수온도와 밀접한 관련이 있으며 특정 온도 이상에서만 균이 검출된다는 여러 선행연구들 [31-34]이 있다. 본 연구에서 연중 비브리오패혈증 환자발생이 여름철에 많이 발생하는 것으로 나타났으나, 연도별 기상요인의 변동에 따른 발생률 변화를 분석한 결과에서는 7

월 기온과 음의 상관성이 있었다. 기온과 해수온도는 차이가 있을 수 있기 때문에 비브리오패혈증의 경우에는 기온을 이용한 분석결과는 해석에 한계가 있을 수 밖에 없고, 향후 해수온도를 이용한 분석이 필요할 것으로 판단된다.

국내 기상요인들의 장기적인 추세를 분석한 선행 연구에서 기온과 강수량은 증가하는 반면, 습도는 감소하는 경향을 보였다 [35]. 본 연구대상 감염병들이 기온 또는 강수량과 양의 상관성을 보인 점을 고려해 봤을 때, 국내 기후변화는 이들 감염병 발생을 증가시키는데 기여했을 가능성이 있다. 또한 지금까지와 같은 추세로 국내 기후변화가 진행되고 다른 인위적 개입에 변화가 없다면, 감염병 발생이 계속 증가할 수 있다는 점을 본 연구를 통해 예상할 수 있다.

조사 대상 감염병 환자들의 특성을 분석한 결과는 가을철 발열성 질환인 쓰쯔가무시증, 신중후군출혈열, 렘토스피라증은 서남해안 지역과 같이 평야가 많은 곳에서 일하는 사람에서 많이 발병하는 공통된 특징을 보였다. 질병을 매개하고 확산시키는 매개체인 설치류가 주로 임야에서 서식하고 활동하는 특성이 있다는 점과 일치하는 결과라고 생각된다. 비브리오패혈증은 남부 지역에서 발생률이 높은 것으로 나타났는데, 비교적 해수온도가 높고 강물이 바다로 유입되는 곳이 많은 남해안이 균이 증식하기 좋은 조건을 충족시키는 지역이기 때문일 것이다. 말라리아는 위도가 높은 휴전선 인근 지역의 젊은 남자에서 발생률이 높아 여전히 군인이 가장 취약한 집단인 것으로 나타났다. 따라서 말라리아 환자 발생률은 국내의 말라리아 관리사업 이외에도 북한의 말라리아 관리상황 등 다른 요인들에 의한 영향도 많이 받을 것으로 추정된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 기상요인 외에 감염병 발생에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 요인들을 고려하지 못했다는 것이다. 매개체와 숙주의 생태, 인간의 문화와 행동, 토지이용, 정부의 감염병 관리정책 등 다양한 요인들이 복합적으로 작용할 수 있다. 둘째로, 법정전염병 신고자료는 의료인들의 신고에 기초하였기 때문에 감염병 발생 전체를 반영하지는 못한다는 한계가 있다. 하지만 본 연구의 취지가 장기간에 걸친 감염병의 전반적인 발생 추세의 변화를 토대로 분석하는 것이기 때문에 이 점은 큰 문제가 되지 않을 것이라고 판단된다. 셋째, 상관분석만으로는 인과관계를 확인할 수 없고 감염병 발생의 특성을 충분히 반영한 변수들을 고려할 수 없었기 때문에 일부 상관관계는 우연에 의한 결과일 가능성도 생각해 볼 수 있다. 하지만 본 연구와 같은 1차적인 연구들의 결과들을 기반으로 향후 매개체 등 다른 변수들을 함께 포함하여 개별 질병별로 기상요인과의 관련성을 연구하는데 있어서 시사점과 연구방향을 결정하

는데 도움을 줄 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구는 국내 감염병이 기상요인들과 상관성을 보이는지, 그런 상관성이 각 감염병들의 발생기전이나 매개체의 생활사를 고려할 때 논리적으로 합리성을 가질 수 있는지를 고찰함으로써 기후변화와의 관련성을 검토하는 점에서 해석상의 큰 무리를 일으키지는 않을 것이라고 판단된다. 결론적으로 본 연구결과는 국내의 주요 감염병 환자 발생과 기상요인들이 여러 가지 분석결과에서 상관성이 있음을 밝혔고, 이런 결과는 향후 국내 감염병관리에서 기후변화를 고려한 보건대책수립 및 기후변화가 감염병 발생기전에 미치는 영향에 관한 체계적인 국가차원의 종합적인 연구사업의 필요성을 제시하고 있다. 앞으로 각 질병별로 매개체, 역학적 자료 등을 이용하여 질병과 기후와의 연관성을 입증할 수 있는 정밀한 연구들이 추가로 필요할 것으로 생각된다.

감사의 글

법정전염병 자료를 제공해주신 질병관리본부 전염병감시과와 기상자료 정리를 도와준 질병관리본부 역학조사과 김선자 연구원에게 감사를 드린다.

참고문헌

1. Morens DM, Folkers GK, Fauci AS. The challenge of emerging and re-emerging infectious diseases. *Nature* 2004; 430(6996): 242-249.
2. World Health Organization. *The World Health Report 2007: A Safer Future: Global Public Health Security in The 21st Century*. Geneva: World Health Organization; 2007.
3. Jones KE, Patel NG, Levy MA, Storeygard A, Balk D, Gittleman JL, et al. Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 2008; 451(7181): 990-993.
4. McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S. Climate change and human health: present and future risks. *Lancet* 2006; 367(9513): 859-869.
5. WHO, WMO, UNEP. *Climate Change and Human Health: Risks and Responses. Summary*. Geneva: World Health Organization; 2003. p. 16-17.
6. Gage KL, Burkot TR, Eisen RJ, Hayes EB. Climate and vectorborne diseases. *Am J Prev Med* 2008; 35(5): 436-450.
7. Gubler DJ, Reiter P, Ebi KL, Yap W, Nasci R, Patz JA. Climate variability and change in the United States: potential impacts on vector- and rodent-borne diseases. *Environ Health Perspect* 2001; 109(Suppl 2): 223-233.
8. Semenza JC, Menne B. Climate change and infectious

- diseases in Europe. *Lancet Infect Dis* 2009; 9(6): 365-375.
9. Zhang Y, Bi P, Hiller JE. Climate change and the transmission of vector-borne diseases: a review. *Asia Pac J Public Health* 2008; 20(1): 64-76.
 10. Trenberth KE, Jones PD, Ambenje P, Bojariu R, Easterling D, Tank AK, et al. Observations: surface and atmospheric climate change. In: Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K, et al., editors. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University press; 2007.
 11. Confalonieri U, Menne B, Akhtar R, Ebi KL, Hauengue M, Kovats RS, et al. Human health. In: Parry M, Canziani O, Palutikof J, van der Linden P, Hanson C, editors. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press; 2007.
 12. Lafferty KD. The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* 2009; 90(4): 888-900.
 13. Korea Centers for Disease Control and Prevention. *Management Guideline for The Communicable Diseases*. Seoul: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2009. (Korean)
 14. Jang JY, Cho SH, Kim SY, Cho SN, Kim MS, Baek KW, et al. *Assessment of Climate Change Impact and Preparation of Adaptation Program in Korea*. Seoul: Ministry of Environment; 2003. (Korean)
 15. Korean Statistical Information Service[cited 2010 Jan 20]. Available from: URL:http://kosis.kr/nsp/themes/themes_04List.jsp. (Korean)
 16. Ree HI. *Medical Entomology*, 3rd ed. Seoul: Ko-Moon Co.; 1994. (Korean)
 17. Lee IY, Ree HI, Hong HK. Seasonal prevalence and geographical distribution of trombiculid mite (Acarina: Trombiculidae) in Korea. *Korean J Zool* 1993; 36(3): 408-415. (Korean)
 18. Van Peenen PF, Lien JC, Santana FJ, See R. Correlation of chigger abundance with temperature at a hyperendemic focus of scrub typhus. *J Parasitol* 1976; 62(4): 653-654.
 19. Kong WS, Shin EH, Lee HI, Hwang TS, Kim HH, Lee NY, et al. Time-spatial distribution of scrub typhus and its environmental ecology. *J Korean Geogr Soc* 2007; 42(6): 863-878. (Korean)
 20. Engelthaler DM, Mosley DG, Cheek JE, Levy CE, Komatsu KK, Ettestad P, et al. Climatic and environmental patterns associated with hantavirus pulmonary syndrome, Four Corners region, United States. *Emerg Infect Dis* 1999; 5(1): 87-94.
 21. Kausrud KL, Viljugrein H, Frigessi A, Begon M, Davis S, Leirs H, et al. Climatically driven synchrony of gerbil populations allows large-scale plague outbreaks. *Proc Biol Sci* 2007; 274(1621): 1963-1969.
 22. Tamerius JD, Wise EK, Uejio CK, McCoy AL, Comrie AC. Climate and human health: synthesizing environmental complexity and uncertainty. *Stoch Environ Res Risk Assess* 2007; 21(5): 601-613.
 23. Tersago K, Verhagen R, Servais A, Heyman P, Ducoffre G, Leirs H. Hantavirus disease (nephropathia epidemica) in Belgium: effects of tree seed production and climate. *Epidemiol Infect* 2009; 137(2): 250-256.
 24. Githeko AK, Ndegwa W. Predicting malaria epidemics in the Kenyan highlands using climate data: a tool for decision makers. *Glob Change Hum Health* 2001; 2(1): 54-63.
 25. Bouma MJ. Methodological problems and amendments to demonstrate effects of temperature on the epidemiology of malaria. A new perspective on the highland epidemics in Madagascar, 1972-89. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2003; 97(2): 133-139.
 26. Abeku TA, van Oortmarsen GJ, Borsboom G, de Vlas SJ, Habbema JD. Spatial and temporal variations of malaria epidemic risk in Ethiopia: factors involved and implications. *Acta Trop* 2003; 87(3): 331-340.
 27. Lee JS, Kho WG, Lee HW, Seo M, Lee WJ. Current status of vivax malaria among civilians in Korea. *Korean J Parasitol* 1998; 36(4): 241-248.
 28. Nishiura H, Lee HW, Cho SH, Lee WG, In TS, Moon SU, et al. Estimates of short- and long-term incubation periods of Plasmodium vivax malaria in the Republic of Korea. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 2007; 101(4): 338-343.
 29. Korea Centers for Disease Control and Prevention. *Management Guideline for Malaria in 2009*. Seoul: Korea Centers for Disease Control and Prevention; 2009. (Korean)
 30. Oliver JD, Warner RA, Cleland DR. Distribution of *Vibrio vulnificus* and other lactose-fermenting vibrios in the marine environment. *Appl Environ Microbiol* 1983; 45(3): 985-998.
 31. Kelly MT. Effect of temperature and salinity on *Vibrio (Beneckea) vulnificus* occurrence in a Gulf Coast environment. *Appl Environ Microbiol* 1982; 44(4): 820-824.
 32. Kaspar CW, Tamplin ML. Effects of temperature and salinity on the survival of *Vibrio vulnificus* in seawater and shellfish. *Appl Environ Microbiol* 1993; 59(8): 2425-2429.
 33. Tilton RC, Ryan RW. Clinical and ecological characteristics of *Vibrio vulnificus* in the northeastern United States. *Diagn Microbiol Infect Dis* 1987; 6(2): 109-117.
 34. Yang HC, Hong SS, Kim KH, Choi SH, Chung HJ. Distribution of *Vibrio vulnificus* in Chonnam coastal area. *Korean J Microbiol Biotechnol* 1999; 27(1): 70-74. (Korean)
 35. Jang JY, Ki MR, Kim H, Jeong HK, Hong YC, Kim SH, et al. *The Development of Climate Change Impact Monitoring System and Adaptation Strategies for Human Health*. Seoul: Korea Ministry of Health and Welfare; 2008. (Korean)