

# GIS를 활용한 국내 말라리아 발생에 관한 연구

박 미 라

서울대학교 지리학과 석사 졸업

## 1. 서론

### 1) 연구 배경과 목적

환경 변화는 인간의 건강에 직접적이거나 간접적으로 영향을 미친다. 직접적인 영향의 예로 오존층 파괴에 따른 피부암의 유발을 들 수 있다. 반면, 생태계 질서의 파괴는 인간의 건강에 영향을 미치는 간접적인 예이다.

각종 대기오염의 증가는 환경을 변화시키는 주요 원인이 되고 있다. 대기오염으로 인한 엘니뇨나 온실효과와 같은 이상기온현상이 세계 곳곳에서 나타나고 있다. 이러한 이상기온현상은 다양한 신종 전염병을 유행시킬 것으로 예상되고 있다. 신종 전염병의 유행뿐만 아니라 과거에 소멸되었던 질병이 다시 나타나는 사례도 보고되고 있다.

보건지리학(Medical Geography)은 질병의 원인을 규명하기보다는 질병발생의 원인을 규명한다는 점에서 의학과 구별된다. 특히, 질병의 발생원인이 환경과 관련된 질병(일명 : 환경성 질환)인 경우, 지리적 접근이 의학적 접근보다 더욱 효율적이다. 지리적 접근을 통해, 환자의 병력이나 습관을 조사하여 질병의 원인을 밝혀내는 기존의 마이크로 스케일 연구에 질병의 발생과 관계 있는 지리적 또는 환경적 요인을 살피는 매크로 스케일의 연구를 보완할 수 있다. 또한, 환경과 관련이 있으면서 특정지역에서 꾸준히 발생해온 질병(일명 : 풍토병)의 경우에도 지리적 접근이 필요하다.

최근 우리 나라에서 발생하는 말라리아(Malaria)는 특수한 개인의 습관에 의해 야기되는 질병이 아니라 환경의 영향을 많이 받는 매개체에 의해 감염되는 질병(Vector-Borne Disease)이다. 또한, 현재 우리 나라의 경기도 북부 지역에서 말라리아 발생이 3-4년간 지속적으로 증가 추세를 보이고 있어 이 지역에서 풍토화(Endemicity) 조짐을 보인다. 이러한 점에서 말라리아는 지리적 접근법을 사용하여 연구하는 대상으로 적합하다.

이에 이 연구에서는 GIS를 이용하여 말라리아 발생의 공간적 분포를 살펴보고 말라리아 발생과 지리적 요인의 연관성에 관하여 분석한다.

### 2) 연구 내용과 방법

GIS는 방대한 지리자료를 처리할 수 있는 장점을 지니고 있다. 이에 말라리아 발생과 연관성이 있는 지리적 요소로서 기상요소와 토지피복요소를 함께 산정한다. GIS 연산인 보간(Interpolation)과 Focal 연산을 통해 지리적 요소에 대한 연속면지도를 제작한다. 제작된 연속면 지도에서 나타나는 지리적 요소의 공간적 분포를 탐색적(Exploratory) 분석을 통해 파악하고, 이러한 요소들이 말라리아 발생에 미치는 영향을 확정적(Confirmatory) 분석을 통해 살펴본다. 또한, 분석시 공간단위에 따라 변화하는 분석 결과의 차이를 살펴본다.

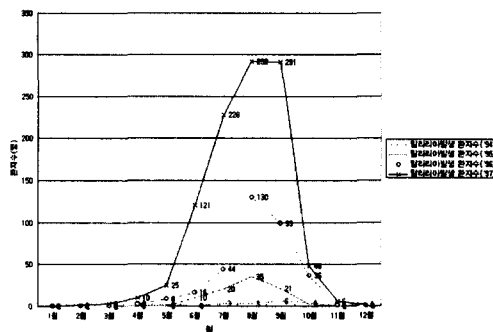
## 2. 자료의 가공과 탐색

### 1) 연구 지역

이 연구는 강원도의 철원군, 경기도의 연천군·파주군(95년도 행정경계)·김포군, 인천 광역시의 강화군을 대상으로 한다. 이 지역은 1993년 이후 현재까지 말라리아가 다발하고 있으며, 현재 우리나라에서 발생하고 있는 대다수의 말라리아 발생지이다.

### 2) 말라리아 발생 자료

이 연구에서는 1997년 5월에서 10월에 발생한 군인 말라리아 환자 중 주소를 추출해낼 수 있었던 1,005명을 연구대상으로 삼는다.



[그림 1] 말라리아 발생환자의 월별 분포

### 3) 기상 자료

기온은 모기의 흡혈비율(Biting Rate)과 모기의 생활환(Life Cycle)에 영향을 미치며, 강수량은 모기의 감염력에 영향을 미친다(Bruce-Chwatt, 1993).

현재 우리 나라에서 나타나고 있는 말라리아 발생이 기상요소와 연관성을 보이고 있는지를 살펴 보기 위해서 1994년도에서 1996년도 말라리아 일별 발생자료와 3지역(파주, 연천, 철원)에서 측정된 일별 기상 자료(평균기온, 상대습도, 강수량)와의 상관성에 대하여 파일럿 연구를 실행한 결과 1994년에서 1996년으로 갈수록 일별 발병수는 평균기온과 연관성이 높게 나타났다.

말라리아 발생과 기상간의 연관성을 공간적으로 살펴보기 위해서는 기상 자료의 재정의가 필요하다. 이에 이 연구에서는 말라리아 발생에 영향을 미치는 최적 기상요소를 이용하여 변수를 재정의한다. 재정의한 변수는 다음과 같다.

첫째, 말라리아 발생의 최적 온도인 20 °에서 30 °로 정의하고, 5월부터 10월까지의 일별 평균기온 중 이에 해당하는 일수를 계산하여 새로운 변수를 산출하였다.

둘째, 연구기간동안에 해당하는 5월부터 10월까지 중 0.1mm이상의 강수량이 기록된 일수를 계산하여 강수일수라는 변수로 정의하였다.

### 4) 인공위성 자료

이 연구에서는 인공위성에서 감지한 경기도 북부지역을 포함하고 있는 원격탐사자료로 Path 116, Row 34(1996년 9월 1일)와 Path 116, Row 33(1995년 10월 1일)의 Landsat TM(Thematic Mapper)

을 이용하였다. 이를 이용하여 토지 피복 종류를 분류하고 말라리아 발생과 연관성이 있는 토지피복요소를 추출한다.

인공위성은 기하보정(Geometric Correction), 모자이킹(Mosaicking), 감독분류(Supervised Classification)를 통한 이미지 분류를 통하여 GIS에서 사용할 수 있는 자료원으로 변형하였다.

### 3. 말라리아 발생의 탐색적 분석과 확정적 분석

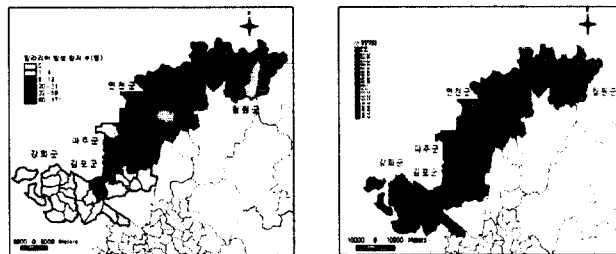
말라리아 발생에 영향을 미치는 지리적 요인은 탐색적 공간 분석(Exploratory Spatial Analysis)과 확정적 공간 분석(Confirmatory Spatial Analysis)을 통해 살펴볼 수 있다. 또한, 자료의 공간 단위가 분석결과에 미치는 영향(Scale Effect)은 읍·면 단위의 모델과 2000m × 2000m 격자 단위의 모델을 비교하여 살펴 볼 수 있다.

말라리아 발생 자료가 갖는 공간성을 이용한 공간 분석은 크게 탐색적 공간 분석과 확정적 공간 분석으로 구별할 수 있다. 탐색적 공간 분석은 지도를 통해 공간 객체(Spatial Object)의 분포유형이나 관계를 제시한다는 점에서 데이터 분석(Data-Driven Analysis)이라고 할 수 있으며, 확정적 공간 분석은 설정된 가설의 검증을 통해 설명력을 찾는다는 점에서 모델분석(Model-Driven Analysis)이라고 한다(Douven W. et al, 1995).

이러한 분석 방법들의 결과는 분석 단위가 어떠한 구역 체계(Zoning System)를 기반으로 하는가에 따라 달라진다(Openshaw. S, 1984). 즉, 자료의 집계 단위가 읍·면 단위인가 리 단위인가에 따라 분석 결과가 상이하게 나타난다.

#### 1) 말라리아 발생의 공간 분포

이 연구에서는 공간 사상의 발생 현황을 유형별로 분류하여 표현하는데 효과적인 단계구분도(Choropleth Map)와 보다 세밀한 공간단위의 분포 유형을 표현하기 위해 연속면지도(Surface Map)의 일종인 말라리아 발생 강도면(Intensity Surface)을 사용하여 말라리아 발생의 공간분포를 살펴 보았다. 제작된 지도의 유형에 따라 말라리아 발생의 상이한 모습을 살펴볼 수 있었으며, 발생의 최고치(Hot spot)도 다르게 나타나는 것을 살펴 볼 수 있다.



[그림 2] 말라리아 발생 분포도(1997년)  
左) 단계구분도 右) 발생 강도면

말라리아 발생과 관련이 있는 것으로 가정된 지리적 요소들은 보간법이나 Focal 지도 연산을 통하여 연속면을 제작하여 말라리아 발생 분포와의 연관성을 탐색하였다.

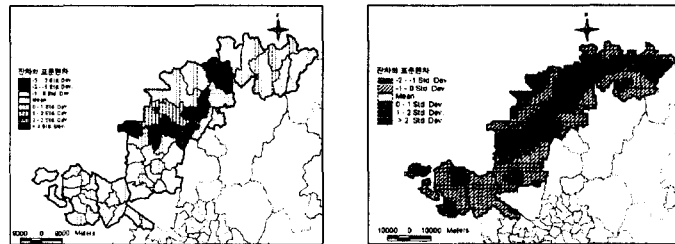
#### 2) 말라리아 발생과 지리적 요소간의 연관성 분석

이 연구에서 말라리아 감염은 모기의 행태나 말라리아 원충의 생활환에 영향을 미치는 독립변수들이 간접적으로 말라리아 감염자에 영향을 미치는 과정이라 가정하였다. 이 연구에서는 독립변수를 최적기온일수·강수일수·토지피복으로, 종속변수는 감염자 수(또는 강도수)라고 정의한다. 분석은 Generalized Linear Model 모델을 이용하였다.

읍·면 단위로 집계된 자료의 분석 결과, 각 독립 변수들의 설명력(Explanatory Power)은 관목이 약 35%( $p < 0.01$ ), 논이 약 22%( $p < 0.01$ ), 강수일수가 약 13%( $p < 0.01$ ), 최적기온일수와 거주지역이 약 10%( $p < 0.05$ )의 순으로 나타났다. 논과 거주지는 22%와 10%의 설명력을 보이지만 말라리아 발생과는 부(負)적 상관관계를 나타낸다.

2000m × 2000m 단위로 집계된 자료의 분석 결과, 가장 높은 설명력을 갖는 변수는 최적기온일수로 약 16%( $p < 0.01$ )의 설명력을 갖는다. 말라리아 발생에 대하여 관목이 10%( $p < 0.01$ ), 논이 7%( $p < 0.01$ ), 강수일수가 3%( $p < 0.01$ ), 거주지역이 1%( $p < 0.1$ )의 순으로 설명력이 나타나고 있다.

읍·면 단위 분석 결과와 2000m × 2000m 격자의 분석 결과는 차이를 보인다. 읍·면 단위에서 설명력이 높게 나타났던 관목이 35%에서 9%로 감소한 반면 최적기온일수는 10%에서 16%로 증가하였다. 스케일에 따라 변수의 설명력이 달라지고 있음을 살펴볼 수 있으며, 과대·과소 추정을 나타내는 잔차도도 상이하게 나타난다.



[그림 3] 잔차도

左) 관목비율에 대한 잔차도 右) 기온일수에 대한 잔차도

이와 같은 스케일 효과는 현재 풀리지 않는 숙제로 남아있다. 그러나, 스케일에 따라 달라지는 분석결과가 의사 결정에 결정적인 역할을 한다고 한다면, 이러한 문제를 인식할 필요가 있다. 분석에 있어서 최적(Optimal) 스케일의 결정은 모기의 비행반경이나 인간의 행동반경과 같은 변수의 특성이나 연구 대상지역에 따라 달라질 수 있는 매우 복잡한 문제이다.

#### 4. 결론

말라리아가 전세계적으로 유행(Panepidemic)하고 있던 시기에는 말라리아를 박멸하고자 하는 많은 노력들이 일어났다. 그러나 근 20여 년간 말라리아가 감소하는 경향을 보이자 말라리아 박멸에 관한 관심도 감소하게 되었다. 최근 말라리아가 사라졌던 여러 지역에서 재출현하고 있다. 우리나라도 그러한 국가중의 하나이다.

현재 재발생하고 있는 말라리아에 대한 적절한 관리와 통제를 위해서 국내에서 발생하는 말라리아에 관한 다각적인 연구가 필요하다. 이에 이 연구에서는 기존의 환자의 병력을 조사하던 마이크로 스케일의 연구와 더불어 GIS를 이용한 매크로 스케일의 연구를 수행하였다. 이러한 연구는 말라리아 발생에 영향을 미치는 지리적 요소를 살펴보는 것을 목적으로 한다.

이 연구에서 살펴본 결과는 다음과 같다.

첫째, 말라리아 발생에 대한 탐색적·확정적 공간 분석을 통하여 말라리아 발생의 현황뿐 아니라

말라리아 발생의 통제를 위한 기반을 제공하였다. 이는 말라리아 발생에 대한 감시 시스템에 유용하게 사용할 수 있으며, 말라리아 확산을 근절하기 위한 도구로 활용할 수 있다.

둘째, 말라리아 발생에 영향을 미치는 지리적 요소를 기상 요소와 토지피복요소로 정의하여 살펴 보았다. 기존의 연구에서 개별적으로 다루어왔던 기상 요소와 토지 피복 요소를 GIS를 이용하여 동시에 고려하였다. 이는 GIS가 갖고 있는 자료처리의 기능을 적극 활용함으로써 가능하였다.

셋째, 기상 요소와 같이 비연속적인 자료는 보간을 통하여 연속적인 자료로 변형하여 분석의 자료로 활용하였다. 말라리아 발생에 영향을 미치는 기상변수들의 영향력을 살펴기 위해서 말라리아 환자 감염당시의 기상요소를 파악하는 것은 현실적으로 불가능하다. 이런 경우 말라리아 환자와는 별개로 측정되었지만 말라리아 발생의 위치와 유사한 위치에서 측정되었던 기상자료를 이용함으로써 기상요소가 말라리아 발생에 미치는 영향을 살펴볼 수 있는 가능성에 한 걸음 다가갈 수 있다. 이 연구에서는 연구대상지역에서 측정되는 기상관측점이 18개이며 휴전선 근처로 갈수록 기상 관측치가 더 많이 추정된다는 현실적인 한계가 있다.

넷째, 공간 자료와 속성 자료의 해상력이 동일하지 않을 경우, 세밀한 자료의 형태를 표현할 수 있는 방안을 제시하였다. 이 연구에서는 속성 자료가 지니고 있는 공간단위가 공간 자료의 공간단위보다 세밀하였다. 속성자료가 갖는 세밀한 정보를 최대한 표현하기 위해 말라리아 발생 강도면을 제작하였다. 이 연구에서 최소 단위였던 리(理)의 공간단위에 대한 세밀함을 표현하기 위해서 이러한 방식을 취하였으며 행정경계가 존재하지 않는 촌락단위의 말라리아 발생정보를 표현하기 위해서도 이용할 수 있다.

다섯째, 분석의 단위를 통일하기 위해 해상력이 다른 자료의 형태를 원하는 해상력으로 변형하였다. 이 연구에서는 구축되는 모든 자료들은 각각 그 해상력이 달랐기 때문에 이러한 방법이 필요하다. 즉, 위성이미지의 경우와 같이 28.5m × 28.5m의 해상력을 갖고 있지만 실제 분석에 사용할 때는 읍·면 단위 해상력에 맞추어 집계할 필요가 있을 때 유용하다.

여섯째, 말라리아 발생에 영향을 미치는 요소를 읍·면 단위에서 분석한 결과, 관목의 비율이 35%, 강수일수가 13%, 최적 기온일수가 10%의 설명력을 보였다. 논이나 거주지도 22%와 10%의 설명력을 보였으나 이들은 말라리아 발생과는 부(負)의 상관관계를 나타내었다. 또한, 말라리아 발생에 영향을 미치는 요소를 2000m × 2000m 격자 단위에서 분석한 결과, 최적 기온일수가 16%, 관목의 비율이 10%, 강수일수가 3%의 설명력을 보였다. 논이나 거주지는 읍·면 단위의 분석과 같이 말라리아 발생과 부(負)의 상관관계를 나타내었다.

이 연구에서는 말라리아 발생에 관한 탐색적 공간 분석과 말라리아 발생에 영향을 미치는 위험 요소들에 대한 확정적 공간 분석을 수행하였다. 이 연구 결과는 앞으로 말라리아 발생의 위험 지도를 작성하기 위한 기반이 될 수 있다. 위험지도는 말라리아 발생의 위험을 예측할 수 있는 지도로 활용할 수 있다. 위험지도가 구축된다면 말라리아 통제에 보다 효과적인 도구로 사용할 수 있을 것이라 예상된다.

## 참고문헌

- 고려대학교 환경의학연구소, 「1997년 7월, 말라리아 역학조사사업」.
- Cullen, J.R., 1984, "An epidemiological early warning system for malaria control in northern Thailand", Bulletin of the world Health Organization, 62(1), pp.107-114.
- Douven W. et al, 1995, "Spatial analysis in health research", in The added value of Geographical Information Systems in public and environmental Health, Kluwer Academic Publishers.
- GatrlI A.C. et al, 1995, "GIS and Spatial epidemiology : Modelling the possible association

between cancer of the larynx and incineration in north-west england", in The added value of Geographical Information Systems in public and environmental Health, Kluwer Academic Publishers.

Kitron, U. et al, 1992, "Geographic Information System in malaria surveillance: mosquito breeding and imported cases in Israel", American Journal of Tropical Medicine & Hygiene, 50(5), pp.550-556.

Louisa R.B. et al, 1994, "Remote Sensing As A Landscape Epidemiologic Tool To Identify Villages At High Risk For Malaria Transmission", The American Society Of Tropical Medicine And Hygiene, pp.271-280..

Macdonald, G., 1957, The Epidemiology and control of malaria, London : Oxford UniV.Press, pp. 121-128, 34-43.

Omumbo, J. et al, 1998, "Mapping malaria transmission intensity using geographical information(GIS) : an example from Kenya", Annals of Tropical Medicine & Parasitology, Vol. 92, No. 1, pp.7-21.

Washino, R.K.; Wood, B.L., 1994, "Application of remote sensing to arthropod vector surveillance and control". American Journal of Tropical Medicine & Hygiene, 50(6 Suppl), pp.134-144.

Openshaw, S., 1984, The modifiable areal unit problem, Concepts and Techniques in Modern Geography, UK.

Bruce-Chwatt, L. J., 1993, Bruce-Chwatts essential malariology, Little Brown.