

## Development of GIS for the Food Chain Assessment around Kori Nuclear Power Plant Using ArcView

H.S.Kang · H.J.Choi · D.H.Yu · D.K.Keum · Y.H.Choi ·  
K.M.Lim · H.S.Lee · C.W.Lee  
Korea Atomic Energy Research Institute

### ArcView를 이용한 고리 원전 주변 육상생태계 평가를 위한 GIS 구축

강희석 · 최희주 · 유동한 · 금동권 · 최용호 · 임광목 · 이한수 · 이창우  
한국원자력연구소

(2004년 4월 2일 접수, 2005년 9월 12일 채택)

**Abstract** - Geographical Information System(GIS) was established to display the calculation results which show the concentration change with time and regions in case of an accidental release of radionuclides from Kori Nuclear Power Plants. GIS included the commercial program, ArcView(ESRI), and a basic digital map of 1:5000 scale for 20km by 20km around Kori area.

The object for the presentation was  $^{131}\text{I}$  concentration in rice which is one of staple foodstuffs. Provided by deposited  $^{131}\text{I}$  concentrations, ECOREA-II code computed the  $^{131}\text{I}$  concentration of the soil and the plant in the area divided by 100 unit cells in total, in which the concentrations also varied with time. The results were introduced into the attributed data of previously designed polygon cells in ArcView. In order to display the concentration change with time by monotonic color, the RGB value for ArcView color lamp was controlled. This display definitely helped the concentration change around Kori area be acceptable to public.

**Key words** : GIS, ArcView, spatial information, attribute data,  $^{131}\text{I}$  concentration, polygon cell, RGB

**요약** - 고리 원전 주변 지역에서 가상사고 시에 발생하는 핵종 방출 후 토양 또는 농작물에서 시간 경과에 따라 변화하는 핵종 농도분포를 도식적으로 표현하기 위한 GIS를 구축하였다. 이를 위해 ESRI 사의 GIS 구축용 상용 프로그램인 ArcView를 도입하였다. 미리 고리원전 주변의 북서방향 20km×20km 구역에 대한 1:5000 축적의 지도 데이터를 구축하였다. 표현 대상 농작물 및 방출핵종은 주민의 주식인 쌀과  $^{131}\text{I}$ 로 정하였다. 총 100개의 cell에서  $^{131}\text{I}$ 의 침적량으로부터 토양 및 농작물 부분에 대한  $^{131}\text{I}$ 의 시간에 따른 양을 ECOREA-II코드를 통해 계산하였다. 계산결과를 ArcView에서 미리 준비된 polygon cell의 속성 자료에 각각의 cell id와 일치시켜 데이터 병합(join) 작업을 수행하였다. 시간이 경과됨에 따라 낮아지는  $^{131}\text{I}$  농도값을 일관성있는 색상 변화로 나타내기 위해 ArcView의 color lamp에 대한 RGB 값을 조절하였다. 이 방법을 이용하여 고리주변의 북서방향 10km×10km 지역에서  $^{131}\text{I}$ 의 침적 후 쌀에서 시간에 따라 변하는  $^{131}\text{I}$  농도분포를 일관성있는 색상 변화로 쉽게 구분이 되도록 나타낼 수 있었다.

**중심어** : GIS, ArcView, 공간정보, 속성자료,  $^{131}\text{I}$  농도, polygon cell, RGB

## 서 론

GIS는 지리적으로 참조 가능한 모든 형태의 정보를 효과적으로 수집, 저장, 갱신, 조정, 분석, 표현할 수 있도록 설계된 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어 및 지리적 자료 그리고 인적자원의 통합체를 말하며, 지표면에 위치한 장소를 설명하는 자료를 모으고, 이를 이용할 수 있게 하는 컴퓨터 시스템이라고 할 수 있다. GIS는 다양한 지구구표면정보의 참조를 위하여 공간적으로 위치를 표현하는 지형정보(geographical information)와 그 형태와 기능을 설명·보완하는 비도형 속성정보(nongraphic attribute information)를 그래픽과 데이터베이스의 관리기능 등과 연계하여 정보를 저장, 추출, 관리, 분석하여 사용자를 지원하는 정보체계 관련기술이다. 또한 지형정보의 특성(속성)정보를 부가하여 지도의 공간적인 관계를 표현하는 종합적인 분석수단이기도 하다. 현재 그 활동분야가 사회 전 분야에 걸쳐 매우 급속히 확산되어 가고 있는 추세이며, 이용되고 있는 분야로서는 도시계획, 토지이용, 교통공학, 토목공학, 수자원공학, 환경공학, 천연자원의 관리, 산림연구, 지도제작, 군사작전 등 그 활용 폭이 매우 광범위해지고 있다[1~4]. 특히 선진국의 GIS전문가들은 위의 업무를 수행하는데 있어서 GIS가 필수적인 도구로서 인식하고 있다.

GIS에서 사용되는 자료는 대상물의 위치의 상호연관성을 나타내는 공간자료(spatial data)와 각각의 공간자료들이 가지는 대상물의 관련 자료인 속성자료(attribute data)로 구분할 수 있다. 공간자료로서는 raster 자료인 grid cell, 이미지가 있으며 vector 자료는 점(point), 선(line), 면(polygon)이 있다. Raster 형태의 자료는 좌표로 나누어진 grid 혹은 pixel의 속성 값이 matrix 형태로 처리되는 것으로서 위성사진자료가 대표적이다. 이 자료의 특징은 데이터의 형식이 matrix의 형태로 구성되어 있으며, 각 grid의 공간적 위치는 행렬내의 행과 열에 의해 자동으로 표시된다. 따라서 자료구조가 간단하고, 지도의 중첩이나 위성자료와의 결합이 용이하며, 단위별로 위상관계가 동일하나, 네트워크가 어렵고 그래픽 자료의 양이 방대한 점도 있다. Vector 형태의 자료는 도형을 구성하는 점, 선, 면의 위치와 길이 및 면적을 정확하게 표현하기 위한 방식이다. 이 자료는 뛰어난 위상관계를 구축할 수 있기 때문에 하천, 도로, 지적, 등고선, 경계선 등의 표현에 용이하고, 위치와 속성의 일반화가 가능하며, 정확

한 그래픽 표현이 가능하나 자료구조가 복잡하고 지도의 중첩이 어려운 단점도 있다[5~8].

속성자료(attribute data)는 공간자료와 관련된 인문·사회 및 경제적인 통계처리와 지표들이며, 문자로 표시되는 경우가 많으므로 비도형 자료(nongraphic data)라고도 한다. GIS의 독특한 기능중의 하나가 공간자료와 그것의 내용을 담고 있는 속성자료의 연결이라 할 수 있으며, 이 속성자료의 구조는 field, record, file단위로 되어 있다. 최근에는 속성으로 원자력발전소의 가상사고 시나리오를 GIS와 연계 표현하는 시도가 상당히 증가하고 있으며, 이에 따른 사고 주변지역에서의 상황에 대한 신속한 판단과 적절한 대처에 응용 등, 원자력 분야에 밀착한 부분에서 GIS의 이용 가능성도 크게 기대 되고 있다[9, 10].

본 연구에서는 원자력발전소에서 방사성 핵종이 누출될 수 있는 가상사고 시나리오를 도입하여 원전 주변의 지역에서 가상사고 시에 발생하는 핵종 방출 후의 일정시간 경과 후 토양 또는 농작물에서의 핵종 농도분포를 GIS와 연계하여 표현하고자 하였다. 이것은 궁극적으로 원전 사고 시에 발생할 수 있는 원전 주변에서의 토양 및 농작물에서의 핵종 오염 농도 분포를 실시간으로 표현해냄으로써 사고대책에 대한 의사결정권자가 신속한 상황판단을 할 수 있도록 기여하기 위한 기초적인 시도이다.

## 운용장비 및 소프트웨어

보다 향상된 지도처리 기능 및 편집 기능을 위해 ESRI 사의 desktop GIS 구축용 상용 프로그램 중 비교적 간단한 데이터의 호환이 가능하고 널리 알려진 ArcView를 1 user license로 도입하였다. 이 프로그램은 현재의 Windows 운영체제(Windows 98/2000/XP)에서 완벽하게 호환되도록 설계되어 있고, 마우스를 이용하여 쉽게 분석할 수 있으며, 지도의 표현과 질의응답이 편리하여 정보를 파악하고 분석하는데 용이한 장점이 있다. 보다 많은 자료의 운영과 기능 확장이 요구될 경우에는 연계된 확장 프로그램을 추가 도입·운영함으로써 공간 및 속성정보 처리와 편집을 강화할 수 있다[11].

가상사고 시 고리 주변 지역의 방사능 물질 오염 확산에 대한 모델링 결과를 도시하기 위해 고리원전 주변의 20km×20km 구역 내의 모든 행정경계, 지형, 건물, 도로, 하천, 토지이용구분(논, 밭,

산림) 등의 정보를 포함하는 1:5000 축적의 지도 데이터를 구축하였다. 원자력발전소에서 사고가 발생하여 대기 중으로 누출된 방사성물질의 분포를 FADAS 코드[12]에서 계산하였다. 우선 주변 지역 반경 80 km zone을 1km×1km로 나누어 총 80×80 개의 cell로 나누어 각 cell에 대한 대기 중 침적량을 계산하였으며, 이를 GIS로 구현하려는 구역은 이중에서 사방 10km지역이므로 출력된 FADAS 자료를 현재 구축하려는 GIS에 적합하도록 그림 1 과 같이 10km×10km 로 변형하였다. 각 cell 지역을 구분하기 위해 고리 원전을 시초로 하여 정북 방향의 순서로 각 cell에 일련번호를 부여하였으며, 각 cell의 침적량 자료를 바탕으로 하여 토양 및 농작물에 대한 방사성물질의 거동을 ECOREA-II로 계산하였다[13]. 표 1에 나타난 계산 결과 역시 그림 1의 cell 구역과 동일한 위치에서의 해당 값으로 표현되었다. 각 cell에 해당되는 값을 가지적으로 쉽게 비교하기 위해 GIS 프로그램을 이용한 그래픽 표현을 시도하였다.

ArcGIS의 제품군에서는 객체-관계형 database의 개념을 도입하여, 기존의 레이어 구조와 객체 구조의 database를 통합한 geodatabase 모델을 제공해주고 있다. Geodatabase는 좌표 및 속성 정보를 각각의 파일에 저장하는 coverage 및 shapefile과는 달리, 동일한 database에 관련정보를 저장한다[14, 15]. 이와 같은 database의 집중화는 여러 가지의 많은 장점을 제공할 수 있다.

즉 여러 가지의 정보를 복잡하게 갖고 있는 GIS 표현용 정보 파일의 관리에 있어서 기존의 복잡한 데이터 체계를 좀 더 단순하게 계통적으로 관리할 수 있을 뿐만 아니라 관리하는 각각의 파일들의 부피를 크게 줄일 수 있어 컴퓨터에서의 저장영역 부담을 경감하는 이외에도 여러 가지의 장점을 가질 수 있다. 이러한 장점을 갖는 ArcGIS의 제품군 중 ArcView를 이용하여 원전 주변의 지역에서 가상사고 시에 발생하는 핵종 방출 후의 토양 또는 농작물에서의 핵종 농도분포를 GIS와 연계하여 표현하고자 하였다. 표현 대상 핵종은  $^{131}\text{I}$ 로 정하고  $^{131}\text{I}$ 의 농산물(쌀) 침적 결과 표시를 하기 위하여 사회, 환경자료 결과자료를 인용하고 방사성물질의 대기방출 후 확산결과를 입력하여 토양에 대한 오염정도를 계산한 결과를 이용하여 사회, 환경을 참조한 index를 형성한 후에 표 1과 같이 Excel 데이터 형태로 추출된 모사 결과를 GIS 그래픽 표현으로 시도하였다.

## 결과 및 고찰

농작물은 주민의 주식인 쌀을 우선으로 정하였다. 총 100개의 cell에서  $^{131}\text{I}$ 의 침적량으로부터 토양 및 농작물 부분의 6개 compartment에 대한 방사성물질의 시간에 따른 양을 ECOREA-II 코드를 통해 계산된 결과 중에서 침적일로부터 그 해 종료일(365일)까지  $^{131}\text{I}$ 의 농도를 Excel sheet

|    | A   | B  | C  | D  | E  | F  | G  | H  | I  | J  |
|----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1  | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| 2  | 99  | 89 | 79 | 69 | 59 | 49 | 39 | 29 | 19 | 9  |
| 3  | 98  | 88 | 78 | 68 | 58 | 48 | 38 | 28 | 18 | 8  |
| 4  | 97  | 87 | 77 | 67 | 57 | 47 | 37 | 27 | 17 | 7  |
| 5  | 96  | 86 | 76 | 66 | 56 | 46 | 36 | 26 | 16 | 6  |
| 6  | 95  | 85 | 75 | 65 | 55 | 45 | 35 | 25 | 15 | 5  |
| 7  | 94  | 84 | 74 | 64 | 54 | 44 | 34 | 24 | 14 | 4  |
| 8  | 93  | 83 | 73 | 63 | 53 | 43 | 33 | 23 | 13 | 3  |
| 9  | 92  | 82 | 72 | 62 | 52 | 42 | 32 | 22 | 12 | 2  |
| 10 | 91  | 81 | 71 | 61 | 51 | 41 | 31 | 21 | 11 | 1  |

Fig. 1. Preparing of 1km×1km cell within the radius of 10km around Kori NPP in Excel.

Table 1. Deposition of  $^{131}\text{I}$  on rice in hypothetical accident scenario(Bq/kg).

| ID       | TIME      | YA_1_열변 | YA_2_EDIB | YA_3_TOP_ | YA_4_ROOT |
|----------|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 1.00000  | 125.00000 | 0.00009 | 0.00000   | 0.00003   | 0.00000   |
| 2.00000  | 125.00000 | 0.00051 | 0.00000   | 0.00017   | 0.00000   |
| 11.00000 | 125.00000 | 0.00005 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 12.00000 | 125.00000 | 0.00027 | 0.00000   | 0.00009   | 0.00000   |
| 21.00000 | 125.00000 | 0.00003 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 22.00000 | 125.00000 | 0.00020 | 0.00000   | 0.00006   | 0.00000   |
| 23.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 31.00000 | 125.00000 | 0.00001 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 32.00000 | 125.00000 | 0.00010 | 0.00000   | 0.00003   | 0.00000   |
| 33.00000 | 125.00000 | 0.00002 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 34.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 41.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 42.00000 | 125.00000 | 0.00006 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 43.00000 | 125.00000 | 0.00003 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 44.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 51.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 52.00000 | 125.00000 | 0.00004 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 53.00000 | 125.00000 | 0.00005 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 54.00000 | 125.00000 | 0.00001 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 61.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 62.00000 | 125.00000 | 0.00002 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 63.00000 | 125.00000 | 0.00006 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 64.00000 | 125.00000 | 0.00002 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 65.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 71.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 72.00000 | 125.00000 | 0.00001 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 73.00000 | 125.00000 | 0.00005 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 74.00000 | 125.00000 | 0.00003 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 75.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 81.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 82.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 83.00000 | 125.00000 | 0.00003 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 84.00000 | 125.00000 | 0.00005 | 0.00000   | 0.00002   | 0.00000   |
| 85.00000 | 125.00000 | 0.00002 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 86.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 92.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 93.00000 | 125.00000 | 0.00002 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 94.00000 | 125.00000 | 0.00004 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 95.00000 | 125.00000 | 0.00004 | 0.00000   | 0.00001   | 0.00000   |
| 96.00000 | 125.00000 | 0.00001 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |
| 97.00000 | 125.00000 | 0.00000 | 0.00000   | 0.00000   | 0.00000   |

에 저장하였다. 고리지역의 지도 데이터 위에 가상사고시의 고리원전 주변 농작물에서의 핵종 농도분포를 ECOREA-II의 계산결과와 동일한 형식으로 표현하기 위해 고리원전 주변의 북서방향 10km×10km 구역에 1km×1km의 Cell로 나누어 총 10×10 개의 cell을 그림 2와 같이 추가의 shape 파일로 준비하였다. Cell layer는 layer 구성 후 공간정보의 손쉬운 분석을 위해 vector type의 polygon 연속체로써 준비하였다. 사용된 GIS 프로그램 ArcView는 ESRI사의 GIS 프로그램군 중 확장 프로그램인 Spatial Analyst의 도움 없이는 raster type의 자료 구조에서 공간정보 분석의 수행이 어렵기 때문이다.

준비된 layer에서도 각 cell 지역을 구분하기 위해 고리 원전을 시초로 하여 정북 방향의 순서로 각 cell에 고유 id를 부여하였으며, 이 id는 ECOREA-II로 계산된 Excel data sheet에서의 각 cell 농도값과 cell id에 일치하여 대응될 수 있도록 하였다. 이러한 형태의 cell은 추후 필요시 좀 더 확장된 구역의 표현을 위해 cell의 개수를 증가시켜 이용할 수 있다.

Polygon cell의 아래에 놓인 지역에서의 토지 이용형태, 즉 특정 cell에서 의미 있는 핵종 농도값을 가질 때 해당지역의 토지가 논, 밭, 또는 산림 등의 이용 형태에 따라서 그 해석에 영향을 줄 수 있으므로 토지이용 현황을 그림 3과 같이 나타내었다. 토지이용 현황은 polygon cell에 가려져 있으므로 polygon cell layer가 불투명할 때는 확인하지 못하지만 cell layer의 투과도를 조정함으로써 cell 아래에 놓인 토지의 이용 형태를 가시적으로 구분할 수 있다.

가상 사고시의 고리원전 주변 토양 및 농작물에서의 핵종( $^{131}\text{I}$ ) 농도분포에 대하여 ECOREA-II로 계산한 결과를 저장한 Excel data sheet로부터 임의의 기간에 임의의 작물 부위에서의  $^{131}\text{I}$  농도를 취하여 별도의 Excel data sheet를 작성한 다음, 이런 형태의 data format을 ArcView에서 직접적으로 인식하지 못하기 때문에 인식 가능한 dBase IV data format으로 변환시켰다. 변환된 형태의  $^{131}\text{I}$  농도 데이터를 ArcView에서 미리 준비된 shape 파일인 polygon cell layer에 각각의 cell id에 일치시킬 수 있도록 인식시키기 위해서 shape

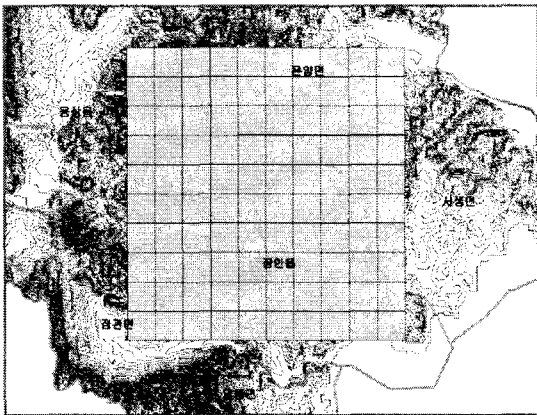


Fig. 2. Preparing of 1kmx1km cell within the radius of 10km around Kori NPP in ArcView.

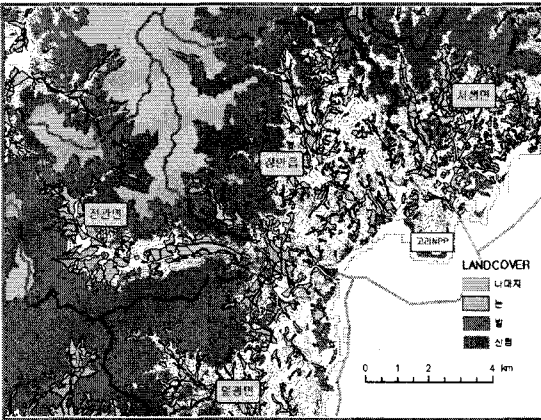


Fig. 3. Land usage around Kori NPP.

파일의 속성 자료 테이블과 병합 작업을 수행하였다. <sup>131</sup>I 농도 데이터와 polygon cell shape 파일의 속성 자료 테이블간의 병합 작업 결과를 그림 5에 나타내었다. 일반적으로 지도상에서 데이터 값을 개별적으로 구분하기 위해 나타내는 것은 너무나 많은 시간이 소요되며, 실제로 그렇게 나타내었다 할지라도 개별적으로 쉽게 구분되지 않기 때문에 특성이 비슷한 데이터를 그룹화하는 경향이 지배적이다. 즉 여기에서도 각 cell 들이 갖는 <sup>131</sup>I 농도값들이 개별적으로 구분되기 어렵기 때문에 비슷한 값들은 한가지 색으로 묶어서 전체의 농도값들에 대하여 7~12 색으로 계급을 정하여 분류하는 것이 가장 구별하기 쉬운 표현법으로 알려져 있다[16]. ArcView 프로그램에서는 계급의 범위 및 최고와 최저점을 나타내는 분기점을 지정하여 해당 feature 가 어느 계급에 속하는지 알 수 있으며, 사용 중인 데이터에 관해 잘 알고 있다면, 직접 계급을 정의 또는 ArcMap의 표준형식의 분류안에 의해 데이터를 분류할 수 있다. ArcView에서는 가장 보편적으로 사용하는 4 가지 기본적 분류안을 제공하고 있다. 위의 가시적 분류방법을 이용하여 가상 사고 시의 <sup>131</sup>I에 의한 고리원전 주변에서의 농작물에 대한 침적 결과를 그림 6과 7에 나타내었다. 그림 6은 가상 사고 시 고리원전 주변 반경 10x10km지역에서 <sup>131</sup>I의 침적 후 임의로 정한 150일 후에 쌀에서의 농도분포를 나타낸 것이다. 이 그림에서는 <sup>131</sup>I의 농도값을 갖는 cell에서의 색상 분류시 색상의 투과도를 0으

| time | ya(1).yield part | ya(2).edible part | ya(3).top soil | ya(4).root zone | ya(5).fixed soil | ya(6).deep soil |
|------|------------------|-------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1    | 125              | 9.46E-05          | 0              | 3.04E-05        | 0                | 0               |
| 2    | 125              | 7.59E-05          | 6.88E-07       | 2.73E-05        | 5.56E-07         | 6.22E-11        |
| 3    | 127              | 6.10E-05          | 1.12E-06       | 2.48E-05        | 1.91E-06         | 0               |
| 4    | 128              | 4.91E-05          | 1.97E-06       | 2.21E-05        | 1.97E-06         | 0               |
| 5    | 129              | 3.96E-05          | 1.50E-06       | 1.99E-05        | 1.66E-06         | 0               |
| 6    | 130              | 3.20E-05          | 1.54E-06       | 1.79E-05        | 1.89E-06         | 0               |
| 7    | 130              | 3.20E-05          | 1.54E-06       | 1.79E-05        | 1.89E-06         | 0               |
| 8    | 131              | 2.80E-05          | 1.52E-06       | 1.61E-05        | 2.06E-06         | 0               |
| 9    | 132              | 2.11E-05          | 1.47E-06       | 1.45E-05        | 2.18E-06         | 0               |
| 10   | 133              | 1.72E-05          | 1.39E-06       | 1.30E-05        | 2.28E-06         | 0               |
| 11   | 134              | 1.40E-05          | 1.30E-06       | 1.17E-05        | 2.31E-06         | 0               |
| 12   | 135              | 1.15E-05          | 1.20E-06       | 1.05E-05        | 2.33E-06         | 0               |
| 13   | 136              | 9.49E-06          | 1.10E-06       | 9.47E-06        | 2.33E-06         | 0               |
| 14   | 137              | 7.79E-06          | 1.01E-06       | 8.52E-06        | 2.30E-06         | 0               |
| 15   | 138              | 6.44E-06          | 9.21E-07       | 7.66E-06        | 2.27E-06         | 0               |
| 16   | 139              | 5.35E-06          | 8.39E-07       | 6.89E-06        | 2.22E-06         | 0               |
| 17   | 140              | 4.45E-06          | 7.62E-07       | 6.20E-06        | 2.16E-06         | 4.59E-09        |
| 18   | 141              | 3.72E-06          | 6.92E-07       | 5.58E-06        | 2.09E-06         | 4.76E-09        |
| 19   | 142              | 3.12E-06          | 6.29E-07       | 5.02E-06        | 2.02E-06         | 0               |
| 20   | 143              | 2.62E-06          | 5.72E-07       | 4.52E-06        | 1.94E-06         | 0               |
| 21   | 144              | 2.22E-06          | 5.20E-07       | 4.07E-06        | 1.86E-06         | 0               |
| 22   | 145              | 1.88E-06          | 4.73E-07       | 3.66E-06        | 1.78E-06         | 0               |
| 23   | 146              | 1.59E-06          | 4.32E-07       | 3.29E-06        | 1.70E-06         | 0               |
| 24   | 147              | 1.36E-06          | 3.94E-07       | 2.97E-06        | 1.61E-06         | 0               |

Fig. 4. Conversion of Excel Data Sheet to dBase IV format.

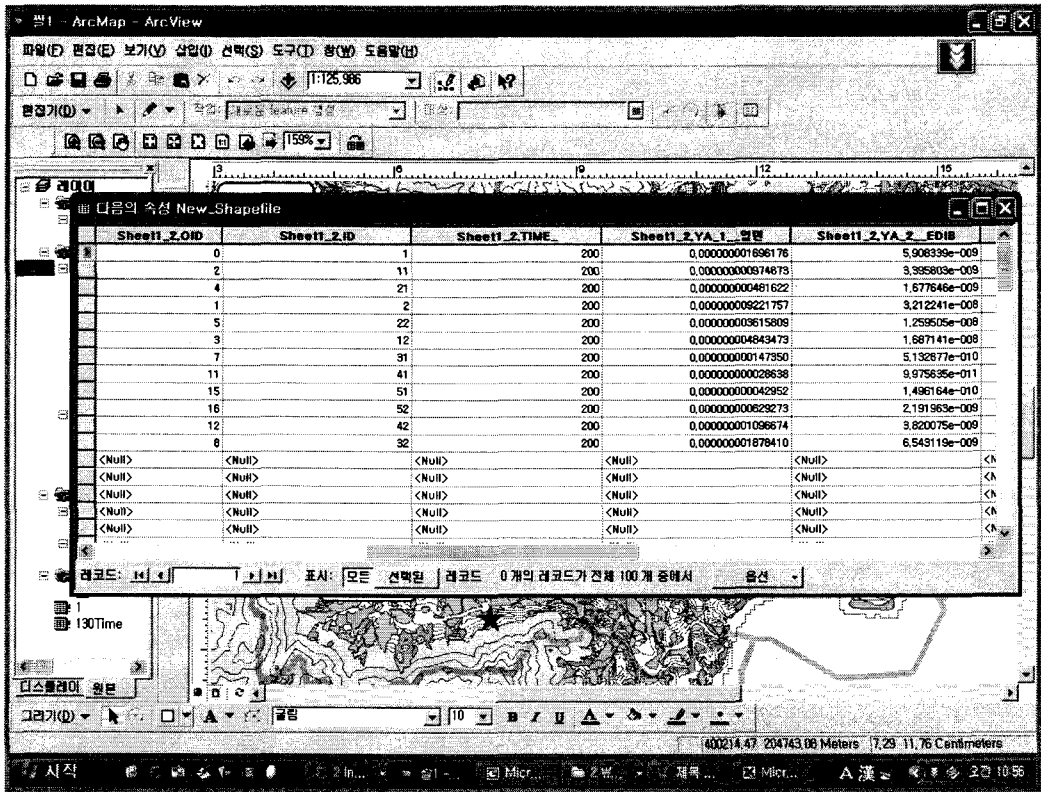


Fig. 5. 병합 of <sup>131</sup>I concentration data to attribute information table in polygon cell.

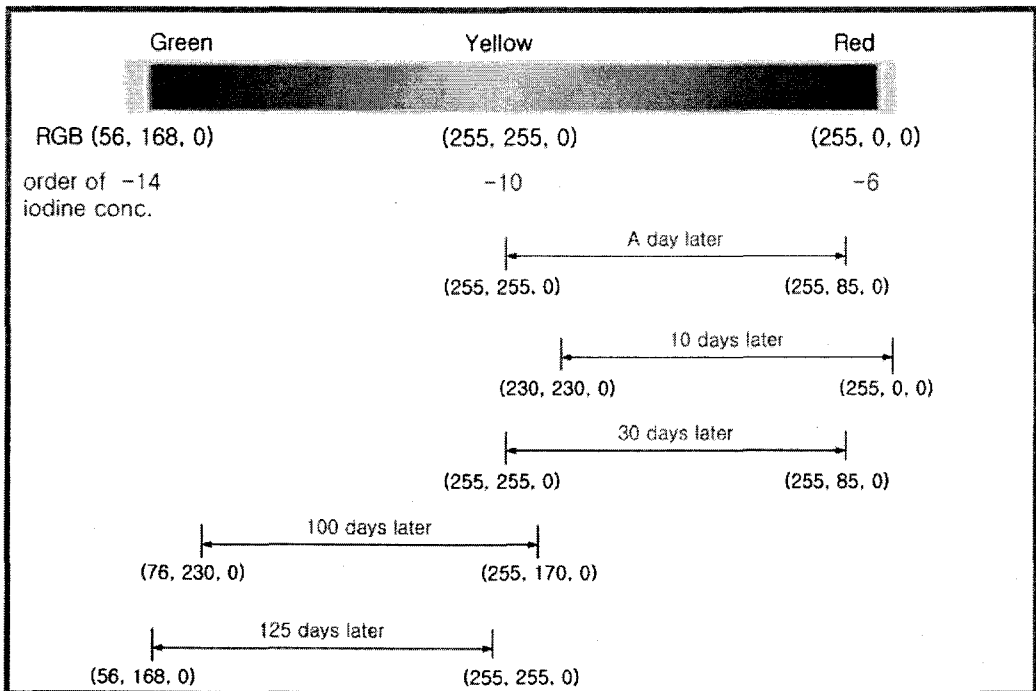
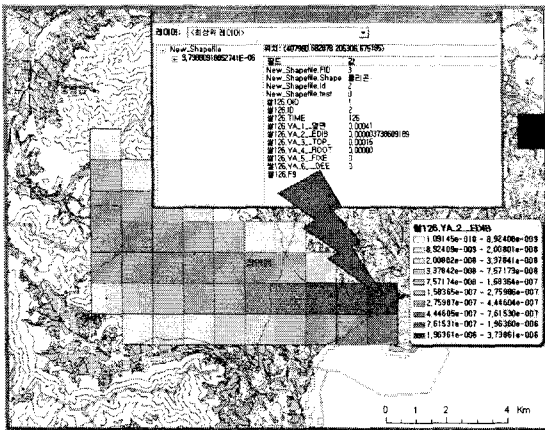
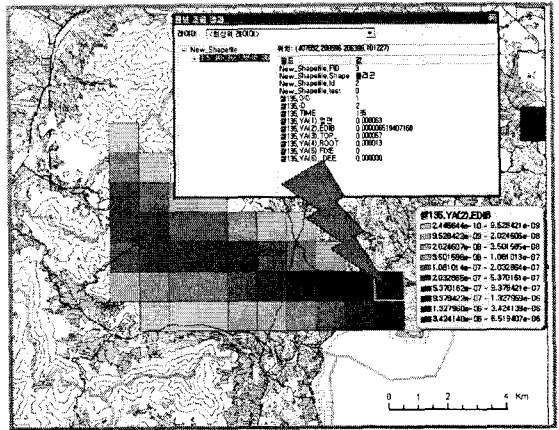


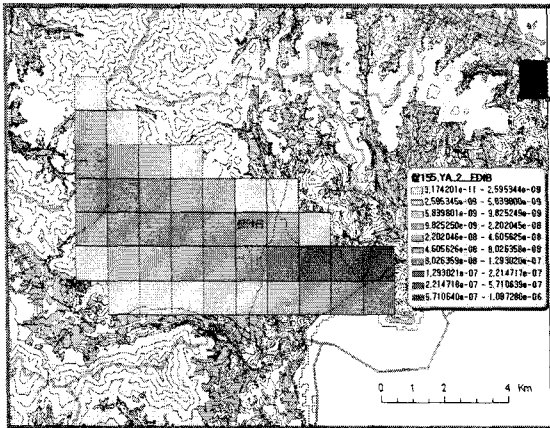
Fig. 6. Partitioning of RGB value in color lamp with <sup>131</sup>I concentration distribution.



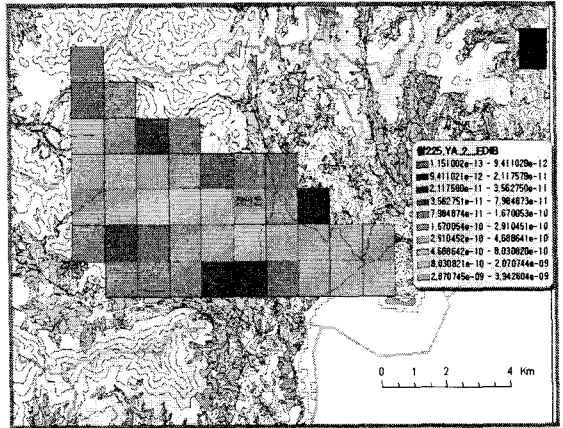
(a)



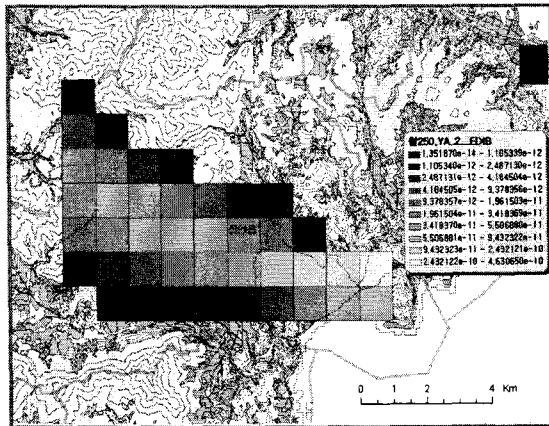
(b)



(c)



(d)



(e)

Fig. 7.  $^{131}\text{I}$  concentration distribution in rice around Kori NPP after hypothetical accident: (a) a day later, (b) 10 days later, (c) 30 days later, (d) 100 days later, (e) 125 days later.

로 하였기 때문에 또렷한 색상 구분으로 각 cell에서의  $^{131}\text{I}$ 의 침적 농도값 높낮이 경향을 쉽게 파악할 수 있지만 cell 아랫부분의 토지이용형태를 전혀 구분할 수 없다.

하지만 그림 7에서는 cell에서의 색상 투과도를 60%로 하여 색상구분에 의한  $^{131}\text{I}$ 의 침적 농도값 구분과 더불어 해당 cell 아랫부분에서의 토지이용형태 구분이 가능하였다. 따라서 cell 아랫부분에서의 공간정보를 확인할 필요가 있을 경우 해당 부분 polygon의 속성정보를 열어 확인할 수도 있겠지만, 이럴 경우 선택된 polygon이 해당 cell의 영역에 정확하게 위치하지 않을 수 있으므로 오직 한정된 cell 아래의 공간정보를 확인하는 것은 불가능하므로 cell에 대한 색상투과도를 조절하여 확인하는 방법이 여러 모로 편리하고 정확한 방법이라 하겠다.,

원전에서의 가상사고 발생 시 주변 지역에서의 핵종 침적에 따른 농작물에서의 핵종 농도를 GIS와 연계하여 표현한다면 표현하고자 하는 대상은 여러 가지가 있을 수 있다. 즉, 원전 사고 시 방출되는 핵종, 주변 토양에서의 핵종 농도, 농작물의 종류, 동일 농작물서의 부위별 핵종 농도, 이 상에서 열거한 사항에 대한 경과시간대별 핵종 농도 등 표현 대상이 매우 많은 편이다. 본 논문에서는 고리원전 가상사고 시의 방출 핵종은  $^{131}\text{I}$ 으로 고정시키고, 주변 경작지에서의 농작물을 벼(쌀)로 고정시켜서 GIS와 연계하여 표현하고자 하는 시간대별 구분은 사고 발생 후 1일, 10일, 30일, 100일, 125일 경과 시의 계산 자료로 정하였다. 표현 형식은 가상사고 발생 후 고리원전 주변의 북서방향 10km×10km지역에서 일정기간이 경과되면서  $^{131}\text{I}$ 의 침적에 따른 쌀에서의  $^{131}\text{I}$ 의 농도 변화를 cell에서의 색상 변화로 나타내하고자 하였다. 상식적인 기대로는 사고 발생 후 초기와 일정기간이 경과된 후의  $^{131}\text{I}$  농도값 분포는 상당히 다를 것으로 예측된다. 즉, 사고 발생 후 초기는  $^{131}\text{I}$  농도값이 대체로 높을 것이므로 진한 색상의 cell로 표현될 것이고, 일정기간이 경과된 후의  $^{131}\text{I}$  농도값은 초기보다 상당히 낮은 값의 분포를 보일 것이므로 옅은 색상의 cell로 표현될 것이다. ArcMap의 표준형식 분류방법에 의해 각 해당일의  $^{131}\text{I}$  농도자료를 cell에 대한 색상으로 구분한다면 사고 발생 후 1일 경과 시의 전체적으로 높은 농도값 분포도와 125일 경과 시의 전체적으로 낮은 농도값 분포도는 전체적으로 높고 낮은 농도값과 상관없이 동일한 정도의 색상으로 표현될 것이다. 즉, 시일이 경과됨에 따라서 낮아지는  $^{131}\text{I}$

농도값의 변화를 초기에서 최종 농도까지 인위적으로 연계시켜 한가지 계열의 색상으로 고려하지 않는 한 각 해당일의 data set을 독립적으로 처리하기 때문에 고리원전으로부터의 방향 및 거리에 따른 cell의 색상 차이만 있을 뿐 각 분포도가 동일한 정도의 색상으로 표현될 것이다. 따라서 사고 발생 후 시간이 지남에 따라 점차 낮아지는  $^{131}\text{I}$  농도값을 cell의 색상으로 반영시키기 위해서는 사고 발생 직후의 높은 초기 농도값부터 표현대상 기간의 최종기간에서의 낮은  $^{131}\text{I}$  농도값까지를 표현하고자 하는 색상표에서 인위적으로 연계시켜 한가지 계열의 색상으로 표현할 수 있도록 조정이 필요하다. 이러한 인위적 color lamp 조작 방법은 algorithmic color lamp의 RGB 값을 조절함에 의해 가능하다. 본 논문에서는 가상사고 기간 동안의  $^{131}\text{I}$  농도값을 표현하기 위해 cell의 색상에서 진한 농도값에는 적색, 중간 농도값에는 노랑색, 낮은 농도값에는 녹색을 갖는 color lamp를 선택하였다. GIS 표현 대상 기간인 가상 사고 후 1일 경과 시부터 125일 경과 시까지의  $^{131}\text{I}$  전체 농도값 중에서 최대값은  $6.51941 \times 10^{-6}$  Bq/kg, 최소값은  $1.14875 \times 10^{-14}$  Bq/kg 이었다. 최대값  $6.51941 \times 10^{-6}$  Bq/kg에 해당하는 cell은 적색의 RGB 값 255,0,0를 지정하고, 최소값  $1.14875 \times 10^{-14}$  Bq/kg에 해당하는 cell은 녹색의 RGB 값 56,168,0를 지정하였다. 따라서 그림 6과 같이 각각의 표현대상 기간의  $^{131}\text{I}$  농도값 중 최대값과 최소값을 사고 기간 중의 전체 color lamp에 적용시켜 표현 색상의 범위를 지정할 수 있으며, 이 조작은 사고 기간 전체에 걸쳐 변하는  $^{131}\text{I}$  농도값을 해당 지역의 cell 색상의 일관된 변화로 나타낼 수 있다. 이러한 조작 방법으로 고리원전 가상 사고 발생 시 원전 주변 반경 10km 이내에서의 벼(쌀)의  $^{131}\text{I}$  농도값 변화에 대하여 표현하고자 하는 5개의 특정 시기별 cell 색상에 대한 RGB 값 조작을 그림 6과 같이 수행하였다. RGB 값 조작 후의 그림을 그림 7(a)에서 (e)까지 나타내었다. 그림에서 나타난 바와 같이 가상 사고 발생 초기부터 125일 경과 시까지 변화하는  $^{131}\text{I}$  농도값에 대하여 cell 색상의 일관된 변화로 위치 및 시기에 따라 구분하고 있다. ECOREA-II의 계산 결과에 의하면 가상 사고 발생 후 1일차의  $^{131}\text{I}$  농도값 분포보다 10일차의 결과가 좀 더 높은 값을 보였다. 이러한 결과를 그림 6(a)와 (b)의 적색 계열 cell 색상 차이로 쉽게 구분되고 있다. 그리고 시간이 지남에 따라 점차 낮아지는  $^{131}\text{I}$  농도값에 대하여 그림 6(c)~(e)에 걸쳐 녹색 계



열의 cell 색상으로써 잘 구분되고 있다. 특정 시점에서의 고리원전으로부터 방위 및 거리에 따라 차이가 있는  $^{131}\text{I}$  농도값에 대하여도 cell 색상의 차이에 의해 잘 구분되고 있다. 그리고 그림 6(a)와 (b)에서 보기를 들어 나타낸 것과 같이 고리원전 주변의 cell 색상에 의해  $^{131}\text{I}$  농도값의 고저를 우선적으로 판단한 다음, 관심 있는 지역의  $^{131}\text{I}$  농도값을 구체적으로 확인하고자 할 경우에는 ArcView 프로그램의 기능에 포함되어 있는 feature identify 기능을 이용할 수 있다. 즉, feature identify 기능을 활성화시켜놓은 후 관심 지역의 cell을 클릭하면 해당 cell에 관련된 속성 정보를 테이블로 보여준다. 따라서 cell의 속성정보 중의 하나인  $^{131}\text{I}$  농도값도 그림 6(a)와 (b)에서 보인바와 같이 확인이 가능하다. 이러한 기법을 기초로 하여 궁극적으로는 가상 사고 시의 방사성 핵종의 침적에 대한 모사 프로그램 결과를 GIS 표현 기법과 연계하여 실시간 표현까지도 기대할 수 있어서 원전 사고 시 의사 결정권자가 원전 주변의 핵종 침적현황을 신속하게 파악하여 적절한 조치를 결정하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대되었다.

## 결 론

원자력발전소의 가상사고 시나리오를 도입하여 원전 주변 지역에서 가상사고 시에 발생하는 핵종 방출 후의 일정시간 경과 후 토양 또는 농작물에서의 핵종 농도분포를 도식적으로 표현하기 위한 GIS를 구축하였다. 이를 위해 ESRI사의 GIS 구축용 상용 프로그램 중 비교적 간단한 데이터의 호환이 가능한 ArcView를 도입하였다. 미리 고리원전 주변의 20km×20km 구역에 대한 1:5000 축적의 지도 데이터를 구축하였다.

표현대상 농작물 및 방출핵종은 주민의 주식인 쌀과  $^{131}\text{I}$ 을 우선으로 정하였다. 총 100개의 Cell에서  $^{131}\text{I}$ 의 침적량으로부터 토양 및 농작물 부분에 대한  $^{131}\text{I}$ 의 시간에 따른 양을 얻기 위해 ECOREA-II 코드를 통해 계산된 결과를 이용하였다. 계산결과를 Excel Sheet에 저장하고 ArcView에서 인식 가능한 dBase IV data format으로 변환시켰다. 변환된 형태의  $^{131}\text{I}$  농도 데이터를 ArcView에서 미리 준비된 Shape 파일인 Polygon Cell Layer에 각각의 Cell id에 일치시킬 수 있도록 인식시키기 위해서 Shape 파일의 속성 자료 테이블과 병합 작업을 수행하였다. 병합 된

데이터를 이용하여 가상 사고 시 고리주변의 북서방향 10km×10km지역에서  $^{131}\text{I}$ 의 침적 후 임의로 정한 기간에서 쌀에서의  $^{131}\text{I}$  농도분포를 나타내었다. 시간이 경과됨에 따라 낮아지는  $^{131}\text{I}$  농도값을 일관성있는 색상 변화로 나타내기 위해 ArcView의 color lamp에 대한 RGB 값을 조절하였다. RGB 값의 조절 후 나타낸 cell의 색상 변화는 의도한 바와 같이 변화하는  $^{131}\text{I}$  농도값을 구분하기 쉽게 잘 나타내었다.

이러한 기법을 기초로 하여 궁극적으로는 가상 사고 시의 방사성 핵종의 침적에 대한 모사 프로그램 결과를 GIS 표현 기법과 연계하여 실시간 표현까지도 기대할 수 있어서 원전 사고 시 의사 결정권자가 원전 주변의 핵종 침적현황을 신속하게 파악하여 적절한 조치를 결정하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대되었다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었음.

## 참고문헌

1. H.Samet, "Application of Spatial Data Structures, Computer Graphics, Image Processing and GIS Addison-Wesley Publishing Company(1990)
2. H.Hearnshaw and D.Unwin, "Visualization in Geographic Information Systems," John Wiley and Sons, Inc.(1994)
3. R.Laurini and D.Thomson, "Fundamentals of Spatial Information System," Academic Press(1992)
4. Y.Chou, "Exploring Spatial Analysis in Geographic Information Systems," OnWord Press(1997)
5. 김영표, 조윤숙, "계획가를 위한 GIS 강좌 1~5", 국토정보(통권163호~167호), 국토개발연구원, 5~9(1995)
6. J.Antenucci, K.Brown, P.Croswell, M.Kevany, "Geographic Information Systems-A Guide to the Technology," Chapman & Hall(1991)
7. T.Waugh and R.Healey, "Advances in GIS Research," Talyer & Francis(1994)
8. M.Kraak and M.Molenaar, "Advances in GIS Research II," Talyer & Francis(1997)

9. 김계현, "GIS 개론", 대영사(1998)
10. 김영표, 박종택, 한선희, "GIS의 기초와 실제", 하나디엔피(1999)
11. ESRI, "Introduction to ArcGIS Desktop," (2002)
12. M.H.Han, et al., "Development of a Real-time Radiological Dose Assessment System", KAERI, KAERI/RR-1737/96(1996)
13. 이한수 외, "사고시 육상생태계 방사능영향 평가기술개발", KAERI/RR-2346/2002(2002)
14. 김채승, 윤창진, "ESRI ArcView 지리정보체계", 대영사(2001)
15. 이호진, 임용수, 이찬구, 박세문, 박주완, 김창락, "부지·환경종합관리를 위한 공간·속성 데이터베이스 설계," 한국원자력학회 2003 춘계학술발표회 논문집(2003)
16. "Introduction to ArcGIS Desktop", 한국 ESRI 교육센터(2002)