

원격탐사자료와 GIS를 이용한 라오스 남칸유역 분지의 토지이용평가 및 미작적지분석*

조 명 회

경북산업대학교 측지공학과

Land Use Evaluation and Suitability Analysis for Paddy Cropping of Nam Khane
Watershed, Laos, Using Remotely Sensed Data and Geographic Information Systems

Myung-Hee Jo

Department of Geodetic Engineering, KyungPook Sanup University

Abstract

Using remotely sensed data(MOS-1) and other spatial data such as aerial photos and topographic maps, 10 kind of thematic layers were prepared with Arc/Info system for watershed management of Nam Khane River, northern part of Laos. The characteristics of landuse distribution of some criteria which like village, sub-basin, elevation and slope were clarified by overlaying each layer. Therefore, statistic data including shifting cultivation area were produced from database layer. Through the manipulation of some data of each layer, suitable area for permanent paddy cropping converted from the fallow and shifting cultivation area was extracted.

요 약

원격탐사자료(MOS-1)를 이용하여 라오스 북부 남칸유역분지의 토지이용형태를 분류하고,

1995년 4월 20일 접수 ; 1995년 6월 17일 수리.

* 본 연구는 경북산업대학교 교내 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

항공사진과 지형도 및 현지조사에 의한 자료를 기초로 하여 Arc/Info 시스템에서 10종류의 주제도를 작성하였다. 이 가운데 취락, 소유역분지, 지형고도, 사면경사를 기준으로하여 토지이용분포의 특성을 각 주제도면을 중첩 분석하여 규명하였다. 더욱이 화전지역의 분포특성을 파악하고, 휴경지와 화전지역에 대하여 미작이 가능한 영구농지로 전환할 수 있는 적지를 추출하여 구역관리를 위한 기초자료를 산출하였다.

I. 서 언

상업적인 벌채와 이동식 화전경작으로 인한 열대 및 아열대삼림의 황폐는 세계적인 환경문제를 초래하고 있다. 특히 아열대에 속하는 인도차이나반도의 라오스에 있어서는 인구증가로 인한 농경지의 부족과 민족간의 상이한 거주지역의 분포 및 농경전통에 의하여 이동식 화전경작의 면적이 10여년간 계속 증가해 오고 있다. 이로 인하여 매년 원시림이 10만 ha, 이차림이 30만ha가 손실되고 있다고 라오스 정부는 추정하고 있다.

라오스는 23.7만 km²의 국토중에서 중앙 및 남부지역의 총적저지평야가 20%, 저지후면의 구릉지가 50% 그리고 30%에 해당하는 해발 1000-3000m에 이르는 산지가 북부에서 베트남과의 동부국경을 따라 분포하고 있다. 경작지의 87%인 80만ha에서 벼를 경작하고 1인당 0.2ha의 낮은 농경지를 소유하고 있다. 총인구 390만 가운데 100만의 농업인구가 이동식 화전경작을 하여 이는 전체 미작인구의 약40%에 해당하나 산출량은 국내 쌀생산의 겨우 20%에 불과하고 평균 산출량은 1.3ton/ha이다(Fujisaka, 1991).

북부 산악지역에 가장 넓게 분포되어 있는 이동식 화전경작은 인구증가로 인한 휴경주기의 단축으로 삼림의 생태계를 파괴시키고, 삼림벌채로 인한 홍수의 빈도 및 범람의 강도 증가에 따라 퇴적물의 운반과 퇴적의 가속화를 수반하게 되어 토양의 유실과 침식을 초래한다(Evenson, 1993). 따라서 라오스 정부는 전국토의 50%를 덮고 있는 삼림을 보존하고 고지대의 농업생산력을 증가시키기 위하여 2000년까지 이동식 화전경작지를 영구적인 농경지로 전환하려는 계획을 수립하고 있으나, 화전이 구릉지 내지는 산악지역에 분포하고 모든 민족구름에 의해 이루어지고 있으므로, 이를 조사하여 정확한 경작면적을 산출 분석할 수 있는 원격탐사자료 및 GIS와 같은 효율적인 공간분석기법에 대한 기술과 장비를 갖추지 못하고 있다.

라오스의 화전에 대해서는 Fujisaka(1991), Evenson(1993)등의 연구와 위성영상자료에 의한 JO(1994)의 연구가 있으나 공간자료와 지리정보시스템에 의한 농경지 적지분석의 연구조사는 수행된 바가 없다.

본연구에 있어서는 이동식 화전경작이 가장 탁월하여 삼림의 피복율이 10%에 지나지 않는 북부 루앙프라방지역중에서도, 특히 화전지역 분포율이 높은 남칸구역분지(JO, 1994)를 대상으로 하여, MOS-1영상을 이용하여 토지피복상태를 분류하고, Arc/Info시스템을 통하여 공간적인 주제도작성 및 정량적인 통계자료를 추출함으로써 구역분지의 토지이용을 평가한 후 화전지역

으로부터 영구농경지로 전환할 수 있는 미작적지를 산출하여 유역관리에 효율적인 자료를 제공하는데 그 목적을 두고 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구지역

라오스 북부지방의 중심부인 루앙프라방 지역(그림1)은 라오스내에서도 삼림피복면적이 가장 낮고 평균해발고도가 500-1000m에 달하는 산악지역이며 루앙프라방시의 서편에는 메콩강이 남북방향으로 흐르고 있어 산업 및 교통에 큰 역할을 담당하고 있다. 본연구의 대상지역인 남칸(Nam Khane)강 유역분지는 메콩강의 지류인 Nam Khan강의 상위지류하천으로서 유역면적이 약170km²이고, 23개의 촌락에 인구 7745명, 가구수 1251호로 이루어져 있다(1992. 12 현지조사 자료).

남칸강을 따라서는 논이 26.47km² 분포하는데 이는 전유역면적의 약 15.5%에 지나지 않는다. 이지역의 지형은 남칸강을 따라 분포하는 평야부의 저지와 강의 양편에 남북으로 뻗어 있는 1000m이상의 고원지대 그리고 이들 두 지형부를 연결하는 산록완사면으로 구성되어 있으며 평야부의 평균고도는 400-600m를 유지하고 있다. 남칸하곡은 북동·남서방향으로 흐르며 지질적

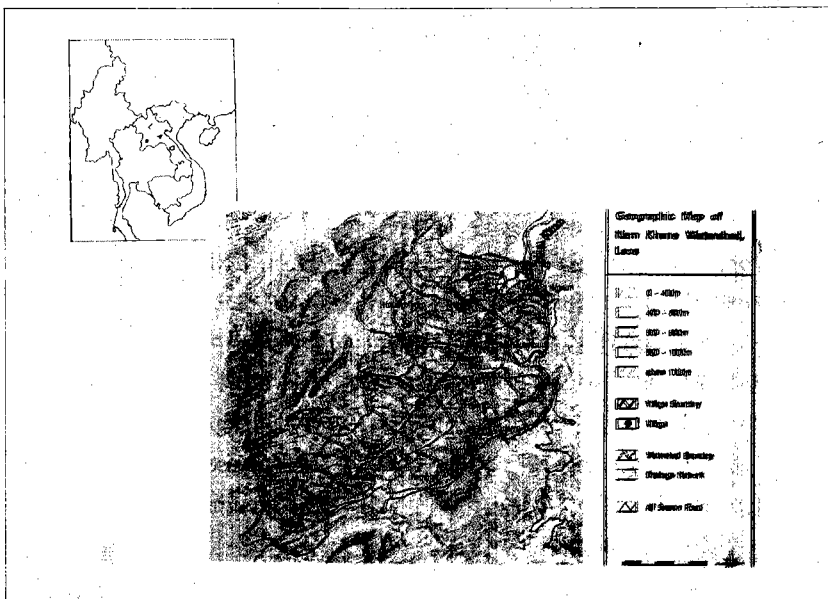


Figure 1. Location and topographic map of Nam Khane watershed, Laos

으로 구조선에 해당되는 길이 18km의 직선상의 하천이다. 남간강의 유역분지는 우기에는 다소 유량이 풍부하나 건기에는 아주 소량으로 대부분의 논은 관개상의 어려움으로 2기작이 불가능하다. 관개가 가능한 논은 71.2ha로서 전체 논면적의 26.8%에 해당하여(1992. 12. 현지조사 자료) 식량이 매우 부족한 실정에 있으므로 효율적인 유역관리가 요구된다.

지질은 석회암으로 구성되어 있어 강우시에는 지표에 유출되나 곧 지하로 침투해버림에 따라 고원의 급애 및 산록말단부에는 카르스트 용천이 존재하며 이는 특히 고원촌락의 수원이 되고 있다.

2. 연구방법 및 자료

유역분지의 토지피복상태를 분류하고 이동식 화전경작지역을 추출하기 위하여 1990년 4월 23일 촬영된 MOS-1 MESSR 위성영상과 ERDAS 영상처리 소프트웨어를 이용하였다. 주제도 작성을 위한 데이터베이스구축을 위해서는 1:100,000지형도로 부터 등고선과 도로망을 추출하고 1982년 11월 24일 촬영된 1:30,000 흑백의 전정색 항공사진을 판독하여 수계망, 유역분지경계, 논 그리고 화전지역('82년)에 대한 기본도를 작성하였으며, Workstation Arc/Info GIS시스템을 이용하여 주제도작성 및 정량적인 자료산출 그리고 미작적지 분석을 수행하였다. 1992년 7월부터 1994년 8월까지 4차례의 현지조사 및 설문조사를 실시하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 위성영상과 GIS에 의한 토지이용형태 분류 및 평가

1.1. 영상처리

사용된 위성영상은 MOS-1(1990. 4. 23) MESSR영상으로서, ERDAS영상처리 시스템을 이용하여 UTM좌표계에 기초하여 기하학적보정을 실시하고 4/2/1밴드 RGB필터를 췌워 false color composite를 만들고, 이를 3차원 지형모델과 중첩하여 작성한 영상이 <그림 2> 이다.

이 영상에서 푸른색의 화전지역이 주변의 빨간색의 삼림지역과 대조적으로 선명하게 잘 나타나고 있다. 이는 화전의 영농이 벌목(slashing-3월), 입화(burning-3월~4월), 파종(seeding-5월~6월), 2-3번의 제초작업(weeding-7월~10월) 그리고 수확(harvest-11월~12월)의 순서로 이루어지기때문에 MOS-1영상이 촬영된 4월말경에는 화전지역의 burning이 끝난 직후이므로 주변의 삼림지역과의 구별이 가능하였다(JO, 1994).

토지피복의 패턴을 보다 구체적으로 구분하고 정량적인 자료를 산출하기 위하여, 화전지역, 아편재배지, 휴경지, 삼림, 수역, 논,의 6개의 class로 나누고, 각 class별로 2-9개의 training area



Figure 2. 3D Model of false color composite of Nam Khane watershed, Laos

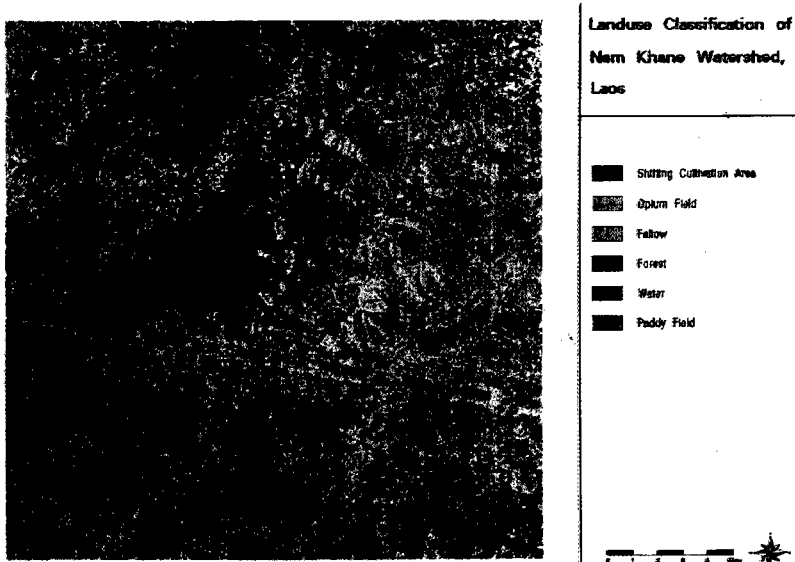


Figure 3. Landuse classification of Nam Khane watershed, Laos

를 선정하여 supervised classification의 maximum likelihood classifier 방법을 이용하여 작성한 토지이용분류 영상이 <그림 3>이다.

1.2. 토지이용분류 결과

남칸유역분지에 해당하는 22km×22km의 484km²의 지역에 대한 토지이용분류의 결과는 다음의 <표 1>과 같다.

본연구에 이용된 MOS-1영상은 50m×50m pixel 단위로 촬영되었으므로 위의 표에 나타난 각 class의 pixel수로서 각각의 면적을 구할 수가 있다. 라오스 전지역에 있어서 화전과 휴경의 주기는 다소 차이가 있으나 일반적으로 인구밀도가 높고 농경지가 적은 지역일수록 휴경의 주기가 짧다. 남칸유역은 라오스 전체인구밀도 25인/km² 보다 훨씬 높은 46인/km²를 나타내므로, 저지의 하곡에 분포하는 촌락에서는 화전을 1년 경작하고 난 후에 3-4년간의 휴경을 하게되지만, 인구밀도가 낮은 고원부락에서는 2년간 연속적인 화전 경작후에 4-6년간의 휴경을 하고있다.

Table 1. Area of each land use class

cover type	S. C. A	Opium	Forest	Paddy	Fallow	Water	Total
No.of pixel	17538	20778	72033	5478	76244	1529	193600
Area(km ²)	43.845	51.945	180.083	13.695	190.610	3.823	484.001

* S.C.A : Shifting Cultivation Area

Table 2. List of data base layer

No.	data-layer name	data source
1	village boundary and name	field survey and existing data('92, Dec.)
2	drainage network map	aerial photos('82, Nov., 1:30,000)
3	watershed boundary and drainage basin area	aerial photos('82, Nov.) and topographic map('83, 1:100,000)
4	contour map	topographic map('83, 1:100,000)
5	slope map	DEM
6	road network map	topographic map('83, 1:100,000)
7	3 dimensional map(45°, 135°)	DEM
8	paddy field	aerial photos('82, Nov., 1:30,000)
9	shifting cultivation area('82)	aerial photos('82, Nov., 1:30,000)
10	shifting cultivation area('90)	MOS-1 satellite image('90, Apr.)

따라서 휴경지는 그 전후 시기의 화전지역을 의미하므로, 2개의 class를 합하면 전체지역의 약 48%를 차지하고 있다.

1.3. 주제도 작성

앞에서 분류한 토지이용분류도를 벡터구조로 전환하기 위하여 Arc/Info의 GRID모듈을 이용하여 벡터화하여 토지이용 주제도를 작성하였다. 그외에 남칸유역의 공간적인 주제도를 작성하기 위하여 기존의 지형도, 항공사진등과 현지조사를 통하여 <표 2>와 같이 10개의 thematic layer를 Arc/Info에서 구축하였다.

1.4. 남칸유역의 토지이용 분포

이상의 각 주제도들 가운데 토지이용의 분포와 가장 관련이 깊은 촌락의 경계, 소유역분지, 지형고도와 사면경사에 대하여 중첩기법을 사용하여 각 주제도별 토지이용에 대한 통계자료를 추출하고, 전체지역에 대한 백분율(%)을 계산하여 분포비율을 산출하였다.

1) 촌락 단위별 토지이용

토지이용도와 촌락경계도를 중첩하여 23개의 촌락에 대한 토지이용분포도를 작성한 것이 <그림 4>이며, 그에 대한 분포면적을 나타낸 것이 <표 3>이다. 촌락별 면적과 토지이용별 면적이 산출되어 유역분지내의 촌락별 토지이용분포를 파악할 수가 있다. 본 연구지역이 라오스 북부의 산악지대에 위치하므로, 삼림, 화전지역, 아편재배지 그리고 휴경지의 면적을 합하면 전면적의 94.6%에 해당한다.

2) 소유역분지별 토지이용

남칸 전유역분지를 하계망의 분포에 따라 10개의 소유역분지로 나누어 작성한 소유역경계도와 토지이용도를 중첩하여 <그림 5>를 작성하였으며, 분포 면적을 <표 4>에 나타내었다. 하류에 위치하는 소유역분지 일 수록 논 면적이 넓게 나타났다.

3) 지형고도별 토지이용

유역의 지형고도를 하곡저지 총적평야에 해당하는 400m이하의 지역과 1000m 이상의 고원지대 그리고 이들 두 지형부를 연결하는 산록완사면지역에 대하여 5개의 level로 나누어 토지이용도를 중첩하여 <표 5>의 결과를 산출하였다. 표5에서 고도별 토지이용이 잘 나타나있으며, 아편과 화전지역의 분포고도가 각기 상이함을 알 수가 있다. 0~600m이내에 화전(62%)과 휴경지(51%)가 주로 분포하고 특히 401~600m사이에는 화전과 휴경지가 76%를 차지한다. 또한 1000m이상의 지역에서는 아편(43%)이 주로 분포함을 알 수 있고, 고원지대의 논은 카르스트

Table 3. Land use per village (km²)

village name	S. C. A (%)	Opium field (%)	Fallow (%)	Forest (%)	Water (%)	Paddy (%)	Total
Paktho	0.82(16.84)	0.16(3.29)	2.37(48.67)	0.47(9.65)	0.10(2.05)	0.95(19.51)	4.87
Houaypheng	1.50(11.79)	1.50(11.79)	5.95(46.78)	3.11(24.45)	0.05(0.39)	0.61(4.80)	12.72
Pakkhan	0.05(15.15)		0.01(3.03)			0.27(81.82)	0.33
Xiang Ngeun	0.87(15.08)	0.50(8.67)	3.18(55.11)	0.01(0.17)	0.34(5.89)	0.87(15.08)	5.77
Nakha	0.56(7.83)	0.34(4.76)	5.12(71.61)	0.45(6.29)	0.08(1.12)	0.60(8.39)	7.15
Houaykhot	0.73(5.45)	0.59(4.41)	9.74(72.74)	1.67(12.47)	0.15(1.12)	0.51(3.81)	13.39
Houaykouk	2.87(48.15)	1.30(21.81)	1.37(22.99)	0.02(0.34)	0.09(1.51)	0.31(5.20)	5.96
Phonsavang	2.29(22.13)	1.45(14.01)	4.99(48.21)	0.29(2.80)	0.20(1.93)	1.13(10.92)	10.35
Phonxai	1.74(26.40)	0.85(12.90)	3.29(49.92)	0.24(3.64)	0.10(1.52)	0.37(5.61)	6.59
Nam-Okhou	0.87(13.88)	1.91(30.46)	2.52(40.19)	0.82(13.08)	0.05(0.80)	0.10(1.59)	6.27
Senkoun	0.42(5.73)	1.84(25.10)	3.48(47.48)	1.28(17.46)	0.05(0.68)	0.26(3.55)	7.33
Thinkeo	2.41(16.59)	1.83(12.59)	7.64(52.58)	2.19(15.07)	0.13(0.89)	0.33(2.27)	14.53
Pako	0.77(12.92)	2.50(41.95)	1.37(22.99)	1.21(20.30)	0.01(0.17)	0.10(1.68)	5.96
Ban10	1.70(15.47)	1.48(13.47)	6.18(56.23)	1.36(12.37)	0.09(0.82)	0.18(1.64)	10.99
Phadeng	0.24(3.31)	2.74(37.79)	1.97(27.17)	2.27(31.31)	0.03(0.41)	0.00(0.00)	7.25
Namchan	0.47(6.68)	1.25(17.76)	1.63(23.15)	3.65(51.85)	0.02(0.28)	0.02(0.28)	7.04
Houaykacham	0.30(6.37)	0.24(5.10)	2.13(45.22)	1.99(42.25)	0.02(0.42)	0.03(0.64)	4.71
Houaychong	0.32(6.13)	0.31(5.94)	2.35(45.02)	2.20(42.15)	0.00(0.00)	0.04(0.77)	5.22
Houaythong	0.28(5.21)	0.29(5.40)	0.66(12.29)	4.12(76.72)	0.01(0.19)	0.01(0.19)	5.37
Phonthong	1.07(19.74)	0.33(6.09)	2.53(46.68)	1.37(25.28)	0.02(0.37)	0.10(1.85)	5.42
Silalek	0.59(4.39)	0.43(3.20)	7.23(53.83)	4.82(35.89)	0.03(0.22)	0.33(2.46)	13.43
Total	20.87	21.84	75.71	33.54	1.57	7.12	160.65

* (%) : 촌락별 총면적에 대한 토지이용별 면적의 비율

용천의 수원으로 경작되는 논임이 식별되었다.

4) 사면경사별 토지이용

남칸하곡을 중심으로 선구조로 이루어진 유역분지이므로 직선의 하곡과 산악지역인 산록완사면 및 고원산악지역의 사면경사는 차이가 많다. 경사 25도에 이르기까지를 5개의 level로 나누어 토지이용을 살펴보았다. <표 6>에서 보는 바와같이 논과 수역을 제외한 그외의 토지이용은 사면경사에 상관없이 널리 분포하고 있다.

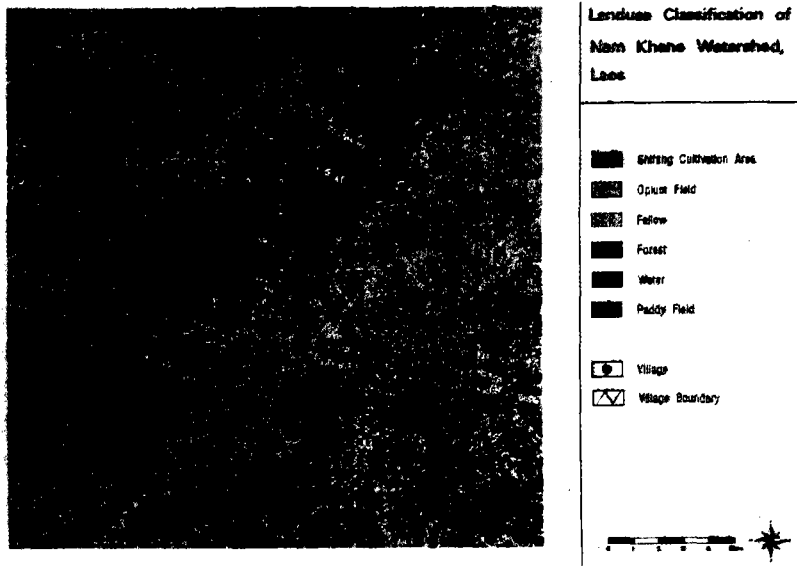


Figure 4. Landuse classification overlaid with village boundary

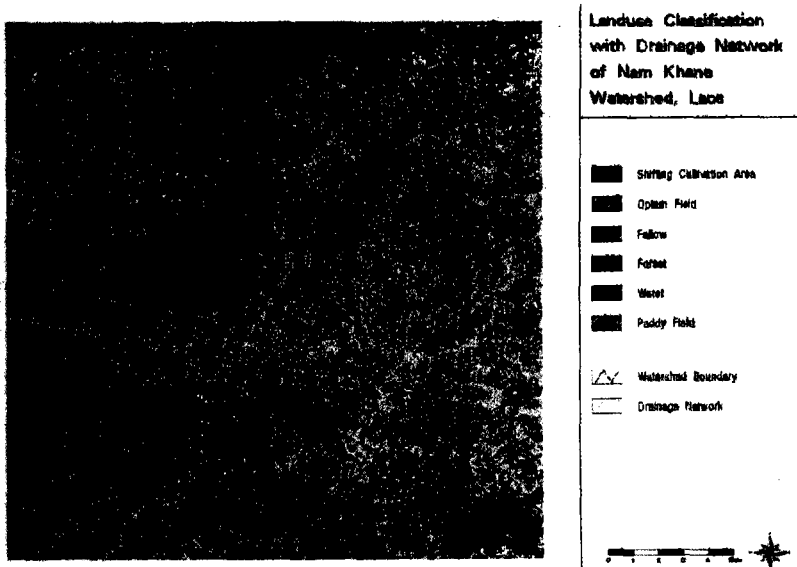


Figure 5. Landuse classification overlaid with drainage network and watershed boundary

Table 4. Land use per sub-basin area (km²)

sub-basin	S.C.A(%)	Opium field(%)	Fallow(%)	Forest(%)	Water(%)	Paddy(%)	Total
H.Khong	1.61(9.67)	1.15(6.91)	9.58(57.54)	2.31(13.87)	0.22(1.32)	1.78(10.69)	16.65
H.Khot	1.39(6.35)	1.44(6.58)	13.73(62.72)	4.33(19.78)	0.11(0.50)	0.89(4.07)	21.89
H.Kou	4.13(25.24)	2.32(14.18)	8.14(49.76)	0.18(1.10)	0.43(2.63)	1.16(7.09)	16.36
H.Tou	1.58(12.69)	0.64(5.14)	6.70(53.82)	2.51(20.16)	0.06(0.48)	0.96(7.71)	12.45
H.Thok	3.72(20.77)	3.84(21.44)	7.55(42.16)	2.09(11.67)	0.23(1.28)	0.48(2.68)	17.91
H.Kong	1.43(9.15)	3.83(24.52)	6.87(43.98)	3.21(20.55)	0.12(0.77)	0.16(1.02)	15.62
H.Lepfai	1.70(8.77)	2.41(12.44)	8.78(45.30)	6.08(31.37)	0.12(0.62)	0.29(1.50)	19.38
H.Long	2.38(16.52)	1.69(11.73)	4.72(32.76)	5.36(37.20)	0.12(0.83)	0.14(0.97)	14.41
H.Kacham	1.25(6.68)	1.35(7.21)	5.37(28.69)	10.59(56.57)	0.01(0.05)	0.15(0.80)	18.72
H.Hinthong	1.74(10.06)	0.82(4.74)	7.11(41.12)	7.39(42.74)	0.01(0.06)	0.22(1.27)	17.29
Total	20.93	19.55	78.55	44.05	1.31	6.23	170.68

* (%) : 소유역분지별 총면적에 대한 토지이용별 면적의 비율

Table 5. Land use by elevation level (km²)

landuse	0-400m(%)	401-600m(%)	601-800m(%)	801-1000m(%)	above 1000m(%)	Total
S. C. A	1.76(8.42)	11.05(52.87)	4.67(22.34)	2.11(10.10)	1.31(6.27)	20.90
Opium	0.41(1.88)	6.25(28.59)	5.10(23.33)	2.72(12.44)	7.38(33.76)	21.86
Forest	0.04(0.12)	4.44(13.23)	14.01(41.76)	10.90(32.49)	4.16(12.40)	33.55
Fallow	6.31(8.33)	32.29(42.64)	20.55(27.14)	12.70(16.77)	3.88(5.12)	75.73
Water	0.46(28.93)	0.73(45.91)	0.22(13.84)	0.09(5.66)	0.09(5.66)	1.59
Paddy	3.49(49.15)	2.25(31.69)	0.46(6.48)	0.73(10.28)	0.17(2.39)	7.10
Total	12.47	57.01	45.01	29.25	16.99	160.73

* (%) : 토지이용별 총면적에 대한 고도별 토지이용 면적의 비율

1.5. 화전지역의 분포특성

1) 지형고도별

화전지역의 총면적은 약 20.9km²로서 전유역면적의 13.1%를 차지하고 있으며, <표 5>에서와 같이 400-800m 사이에 화전 총면적의 75.25%가 분포하고 있는 것으로 나타났다.

Table 6. Land use by slope level (km²)

land use	0-5(%)	6-10(%)	11-18(%)	19-25(%)	above 25(%)	Total
S. C. A	3.52(16.85)	5.59(26.76)	5.14(24.61)	3.69(17.66)	2.95(14.12)	20.89
Opium	2.21(10.12)	6.17(28.26)	4.49(20.57)	6.83(31.29)	2.13(9.76)	21.83
Forest	3.04(9.06)	9.58(28.55)	6.32(18.84)	11.17(33.29)	3.44(10.25)	33.55
Fallow	10.55(13.93)	20.33(26.84)	15.82(20.89)	19.73(26.05)	9.31(12.29)	75.74
Water	0.42(26.42)	0.29(18.24)	0.34(21.38)	0.30(18.87)	0.24(15.09)	1.59
Paddy	3.18(44.79)	0.88(12.39)	1.14(16.06)	0.43(6.06)	1.47(20.70)	7.1
Total	22.92	42.84	33.25	42.15	19.54	160.70

* (%) : 토지이용별 총면적에 대한 사면경사별 토지이용 면적의 비율

2) 사면경사별

지형고도별 분포와는 다르게 <표 6>과 같이 사면경사에 상관없이 화전지역이 분포하고 있으며, 특히 고원지대와 저지대의 화전이 합쳐져서 0-5도 사이에서 화전과 휴경지가 61.4%의 높은 수치를 나타내고 있다.

3) 1982년과 1990년의 화전지역 면적 비교

1982년 촬영한 항공사진을 실체경을 이용하여 육안판독하여 화전의 분포도를 작성하고 이를 디지털화하여 Arc/Info 시스템에 입력하여 database화 하였다. 그리고 1990년의 위성영상으로 분류를 실시하여 작성한 토지이용분류도를 벡터화하여 GIS에 전환하고 그중에서 화전지역의 class만을 추출하여 주제도를 만들었다. 앞의 두 layer를 중첩하여 <그림 6>에 나타내고 면적을 <표 7>에 비교하였다. 자료원의 구조가 다소 상이하기는 하나 전반적으로 8년간 화전면적이 증가했음을 알 수 있고 총면적은 5.41km²이 증가했다. 이는 고원지대의 촌락은 아편재배로, 저지의 촌락들은 논으로 각각 전환하였으나 그외의 촌락들은 다소나마 증가했음을 알 수 있다. 태국을 비롯한 인도차이나반도의 여러나라에서는 점차 화전지역이 감소하고 있으나, 정부의 부단한 노력에도 불구하고 라오스 북부지역은 증가하고 있음을 시사하고 있다.

4) buffering에 의한 화전지역의 분포

촌락경계도와 화전지역분포도를 중첩하고 그위에 촌락으로부터 반경 1km의 완충구역을 실시하여 촌락의 중심과 화전의 근접도를 나타낸 것이 <그림 7>이며, 이의 통계값을 <표 8>에 표시하였다. 대부분의 촌락에서 평균 약 45%의 화전이 완충구역안에 분포하고 고원의 촌락일수록 원거리에 화전이 분포해 있음을 알 수 있다. 민족구성과 이주시기에 따라 촌락의 토지소유

Table 7. Comparison of the shifting cultivation area of 1982 year with 1990 year(km²)

No.	village name	S.C.A('82)(A)	S.C.A('90)(B)	(B)-(A)(%)
1	Paktho	0.80	0.82	+0.02
2	Houaypheng	1.10	1.50	+0.40
3	Pakkhan	0.00	0.05	+0.05
4	Xiang Ngeun	0.91	0.87	- 0.04
5	Nakha	0.71	0.56	- 0.15
6	Houaykhot	1.40	0.73	+0.66
7	Houaykoug	1.03	2.87	+1.84
8	Phonsavang	1.48	2.29	+0.81
9	Phonxai	0.68	1.74	+1.06
10	Nam-Okhou	0.50	0.87	+0.37
11	Thinkeo	1.04	2.41	+1.38
12	Pako	0.30	0.77	+0.47
13	Senkoun	0.79	0.42	- 0.37
14	Ban10	0.89	1.70	+0.80
15	Phadeng	0.59	0.24	- 0.35
16	Namchan	0.55	0.47	- 0.08
17	Houaykacham	0.22	0.30	+0.08
18	Houaychong	0.78	0.33	- 0.46
19	Houaythong	0.24	0.28	+0.04
20	Phonthong	0.30	1.07	+0.78
21	Silalek	1.18	0.59	- 0.59
Total Area		15.48	20.89	+5.41

가 결정되므로, 역사가 오래된 저지의 촌락일수록 농경지 소유면적이 많고 화전의 근접도도 높으며, 고원지대의 촌락에서는 아편재배와 화전을 병행하므로 화전의 촌락근접도가 낮다.

2. 미작지역을 위한 적지선정

낮은 미곡 산출량의 화전이 폭넓게 분포하고 있는 북부 라오스에서는 년중 반이상에 걸쳐 식량부족의 문제를 접하고 있다. 더욱이 급격한 인구증가로 인해 휴경의 주기가 점차 짧아짐에 따라 토양비옥도의 저하와 토양침식을 유발하고, 삼림벌채에 의한 토양의 직접적인 노출은 온도의 급격한 변화와 삼투의 감소로 인하여 유출의 악화를 초래하고 있다(Evenson, 1993).

그러나 라오스정부는 보다 향상된 과학적인 농경시스템을 개발할 능력을 갖추지 못하고 있



Figure 6. Shifting cultivation area of 1982 and 1990 year

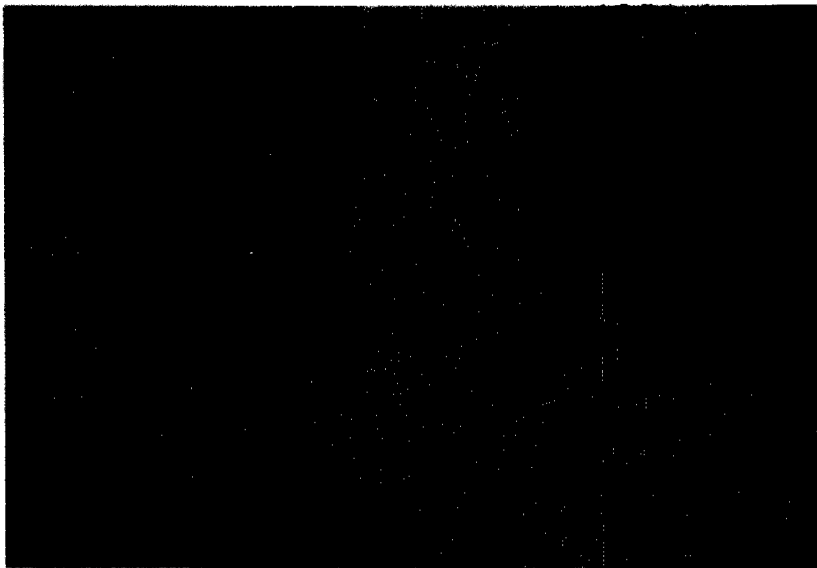


Figure 7. Buffering area from village center for shifting cultivation of Nam Khane watershed, Laos

Table 8. Buffering area of shifting cultivation (km²)

village name	S. C. A in buffer area(%)	S. C. A
Paktho	0.26(31.71)	0.82
Pakkhan	0.05(100.00)	0.05
Xiang Ngeun	0.27(31.03)	0.87
Nakha	0.40(71.43)	0.56
Houay Pheng	0.47(31.33)	1.50
Houaykhot	0.35(47.95)	0.73
Houaykoug	1.72(59.93)	2.87
Phonsavang	0.78(34.06)	2.29
Phonxai	1.21(69.54)	1.74
Pako	0.37(48.05)	0.77
Nam-Okhou	0.23(26.44)	0.87
Thinkeo	0.87(36.10)	2.41
Senkoun	0.14(33.33)	0.42
Phadeng	0.07(29.17)	0.24
Ban10	0.23(13.53)	1.70
Namchan	0.03(6.38)	0.47
Houaychong	0.14(42.42)	0.32
Houaykacham	0.28(93.33)	0.30
Houaythong	0.14(50.00)	0.28
Phonthong	0.74(69.16)	1.07
Silalek	0.17(28.81)	0.59
Total	8.92(45.41)	20.88

* (%) : 촌락별 화전면적에 대한 buffer내의 화전면적의 비율

다. 남칸유역에는 본류를 따라서 목재의 보(wier)가 소수 설치되어 있을 뿐 근대적인 관개시설이 갖춰져 있지 않으므로 우기의 충분한 강수량에도 불구하고 건기에는 2기작이 불가능한 경지가 41% (10.8km²)이다(1992. 12 현지조사). 관개시설이 보충이 될 경우 현재 화전으로 이용되고 있는 경지가운데 하곡을 따른 저고도의 지역에서는 영구적인 논으로 전환가능한 지역이 광범위할 것이라 예상하고 아래와 같이 농경에 영향을 끼치는 각 주체의 layer에 대하여 최적의 조건값을 부여하여 미작적지를 추출하였다.



Figure 8. Suitable area (magenta color) for paddy cropping of Nam Khane watershed, Laos

thematic layer	landuse	elevation	slope	stream buffer
weight value	s.c.a, fallow	0-600m	0-10°	100m

일반적으로 미작에 영향을 주는 인자로서는 기후, 지형, 수문, 토양, 토지이용상태등이 있으나, 본연구지역인 남칸유역에 대한 수문 및 기상자료와 토양도는 구비되어 있지 않으므로 배제하고, 토지이용상태, 지형고도, 사면경사, 하천주류와의 거리에 대한 조건을 부여하였다.

토지이용상태에 있어서 미작전환의 대상이 되는 지역으로서 화전과 휴경지를 선택하고, 현재의 논을 제외한 나머지의 수역, 삼림, 그리고 고원지대에 주로 분포하는 아편재배지는 미작지역으로 적합하지 않으므로 제외하였다. 고도별 토지이용분석에서 수역이 0~600m사이에 약 75%가 분포하므로, 지형고도의 인자는 600m까지 조건을 부여하였다. 그리고 남칸하곡이 구조선으로 된 직선의 유역이며, 주류를 중심으로 양편에 고원지대와 저지층적평야를 잇는 v자의 구릉지가 발달되어 있고 최종차수의 분기율이 6.0에 해당하는 상위지류가 발달한 하천유역이므로(조, 1993), 주류에 관개시설이 갖추어질 경우에 상당한 고도에 이르기 까지 농업용수가 공급되리라 예상되기 때문이다. 또한 산록부분에 해당하는 지역이 유역내에 많은 부분을 차지하고 화전과 휴경지의 41.4%가 10도이내에 분포하므로, 지형과 상관하여 사면경사는 10도를 고려하였

다. 남칸강의 유로를 따라 총적평야가 좁고 길게 분포하고 상류부분은 유수가 거의 흐르지 않으므로 주류로부터 100m의 buffer를 설정하였다. 그러나 이상의 조건을 충족하지 않는 고원지대의 카르스트 용천 부근의 논은 자연발생적인 미작지역으로서 본 분석에서는 제외하였다.

이상의 조건을 부여하여 적지분석을 수행한 결과 본연구지역인 남칸유역분지에 있어서 미작이 가능한 지역은 14.2km²로 산출되었으며 그결과는 <그림 8>과 같다.

IV. 결 언

아열대의 산악지역에 속하는 북부 라오스 남칸유역분지를 대상으로 MOS-1 MESSR 위성영상을 이용하여 토지피복을 분류하고 환경 및 농경에 문제가 되고 있는 이동식 화전지역의 면적을 추출하였다. 또한 Arc/Info GIS 시스템을 이용하여 유역분지의 공간적인 주제도를 작성하고, 중첩 및 분석에 의하여 라오스의 남칸유역에 대해서 기존에 작성되지 않았던 여러가지의 통계 자료를 산출하였다. 이를 기초로 현재 화전으로 이용되고 있는 경지중에서 논으로 전환이 가능한 지역을 선정하여 유역관리를 위한 기초자료를 마련하였다. 라오스에 있어서 고원지대의 촌락이나 소수민족의 아편재배지역과 같이 지방행정부에서 조사 및 통제가 어려운 지역에 대한 통계자료가 본 연구에서 처음으로 작성되었으며, 촌락의 경계와 같은 행정구분도 항공사진과 현지조사를 통하여 최초로 설정·도화되었다. 주기적으로 지표에 대한 자료를 공급하는 원격탐사기법과 공간적인 자료 및 그에 따른 속성자료로서 지역에 대한 가장 효율적인 시공간적인 분석을 가능하게 해 주는 지리정보시스템은 근접하기 어려운 개발도상국의 산악지역에서는 매우 중요한 공간분석기법임이 규명되었다. 그러나 보다 해상도가 높은 동질의 자료원으로 구성된 multi-temporal 위성영상에 의한 분석과 토양, 수문 및 지질도와 같은 미작에 영향을 주는 자연환경에 대한 자료 및 주제도와 최근의 사회경제적인 통계자료가 주어진다면, 보다 정확하고 현실적인 정보를 추출할 수 있으리라 사료된다.

참 고 문 헌

- 조명희(1993), "원격탐사기법과 지리정보시스템을 이용한 주제도 작성", 경북대 지리학논구, 12, 13합본호, pp.101 - 118.
- Fujisaka, S.,(1991), "A Diagnostic Survey of Shifting Cultivation in Northern Laos : Targeting Research to Improve Sustainability and Productivity", Agroforestry Systems, Vol. 13, pp. 95-109.
- J.P.Evenson,(1993), "Slash- and - Burn Agriculture : the Continuing Dilemma", Report of the Nabong Technical Meeting on Shifting Cultivation Systems and Rural Development in the

Lao PDR, pp.22-32.

Laurent Chazee,(1993), "Shifting Cultivation Practices in Laos : Present Systems and Their Future", Report of the Nabong Technical Meeting on Shifting Cultivation Systems and Rural Development in the Lao PDR, pp.66-97.

Myung-Hee JO,(1994), "An Analysis of Shifting Cultivation Areas in Luang Prabang Province, Lao PDR, Using Satellite Imagery and Geographic Information Systems", Journal of the Korean Society of Remote Sensing, Vol.10, No.1, pp.43-53.

Sharma Prem N.,(1987), Concepts of Integrated Watershed Management Planning for Northern Lao PDR, Report of FAO/UNDP/ONPE Project, 90p.