

## 고해상도 영상자료를 이용한 실제토지이용에 따른 지목면적 및 부하량 산정

박재홍<sup>†</sup> · 이수웅\* · 박주현\*\* · 류덕희\* · 정동일\*\*\* · 최혜미\*\*\*\* · 전우송\*\*\*\*

국립환경과학원 수질총량관리센터  
\*국립환경과학원 수질총량연구과  
\*\*국립환경과학원 먹는물연구과  
\*\*\*국립환경과학원 물환경연구부  
\*\*\*\*(주)젠이십일

### Calculation of Land Category Area and Pollution Loads according to Real Land Usage using High Resolution Satellite Image

Jae Hong Park<sup>†</sup> · Su Woong Lee\* · Ju Hyun Park\*\* · Doug Hee Rhew\* · Dong Il Jung\*\*\* · Hye Mi Choi\*\*\*\* · Woo Song Jeon\*\*\*\*

Watershed Management Research Center, National Institute of Environmental Research  
\*Water Pollution Cap System Research Division, National Institute of Environmental Research  
\*\*Drinking Water Research Division, National Institute of Environmental Research  
\*\*\*Water Environment Research Department, National Institute of Environmental Research  
\*\*\*\*Gen21.Inc.

(Received 5 August 2008, Revised 5 January 2009, Accepted 6 January 2009)

#### Abstract

The study was conducted investigation on land of D-dong in N city which is an urban area and D myeon of N city which is a suburban area, based on high resolution satellite image, to find out actual land usage. As for D-dong in N city, different rate between actual usage and official land information was 0.5~4.8% in terms of 5 major land types (paddy field, farm, ground, forest, and others). D myeon in N city posted 1.4~8.4%, which is higher than that of its counterpart. As for unit load, "land" which is large in terms of load presented a big difference between official information and actual usage. On the other hand, the levels of paddy, field, forest and others posted only small changes in load. In case of T-P, in particular, unit of each land type is lower than BOD and T-N, showing almost no changes in pollution loads.

**keywords** : Land category area, Land use, Pollution loads, SPOT-5 high resolution satellite image

### 1. 서론

수질오염총량제는 단위유역별 부하량의 관리와 이를 통해 단위유역의 목표수질을 달성하기 위한 제도이다. 따라서 수질오염총량제의 시행에 있어 가장 중요한 부분 중 하나를 든다면 오염원에 대한 정확한 조사일 것이다. 비록 부하량이 과학적이고 합리적으로 산정되었다 할지라도 오염원에 대한 조사가 불확실하다면 불확실한 오염원으로부터 산정된 부하량은 신뢰할 수 없을 것이다.

수질오염총량제에서 분류되는 생활계, 산업계, 양식계, 토지계, 축산계, 환경기초시설의 오염원그룹(환경부, 2007a, 2007b, 2007c) 중 토지계의 경우 현재 지적공부상의 자료를 이용하여 지목별 면적을 평가하고(국립환경과학원, 2004) 부하량을 산정하고 있으나 실제토지 이용도가 지적공부상

의 자료와 불일치하는 경우가 많아 합리적으로 실제 토지 이용에 부합되는 토지이용별 면적평가에 대한 과학적인 방법론의 모색이 필요시 되었다(국립환경과학원, 2008a; 환경부, 2008).

실제 토지이용형태를 파악하기 위해서는 다양한 방법이 적용될 수 있으나 영상자료를 이용하는 것이 가장 실제와 가까운 결과를 도출해낼 수 있을 것이다.

영상자료의 종류는 Landsat7, IRS-1D, IKONOS, Quick-Bird, 항공사진, SPOT5등이 있으며 종류에 따라 다양한 해상도를 지닌다.

본 연구에서는 해상도, 가장최근에 촬영된 영상자료, 연구대상 지역의 지적공부상 자료와 기준연도가 가장 일치하는 영상을 고려하여 고해상도 영상자료 중 하나인 SPOT-5를 선정하여 실제의 토지이용형태에 부합되는 토지지목별 면적을 도출하고 현재 사용되고 있는 지적공부를 이용한 경우와 비교해 그 차이를 살펴보고자 하였다.

SPOT5 영상은 고해상도의 영상획득 목적으로 스웨덴과

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed.  
jhong@korea.ac.kr

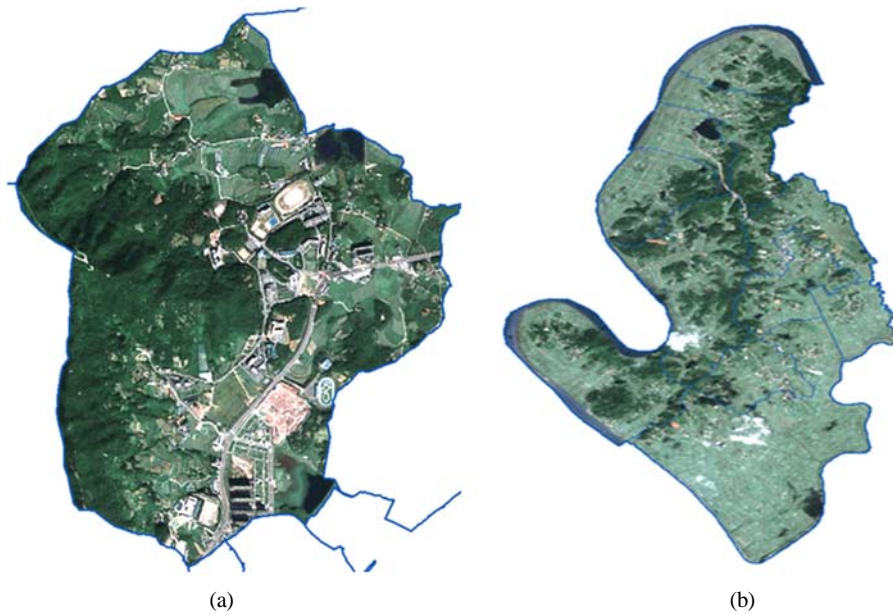


Fig. 1. Study sites. (a) N city D dong, (b) N city D myeon

벨기에가 협력하여 만든 위성영상이며 사용목적에 따라 다양한 영상을 제공하는 장점이 있다(환경부, 2004). 또한, SPOT5는 토지피복도 구축사업(환경부, 2003)등에 사용되어 분류정확도가 입증되었으며, 원단위 산정 및 비점오염원 모델링(환경부, 2005), 부하량 산정(이상익 등, 2003)등에 사용되어 그 활용성이 검증되었기 때문에 본 연구를 수행하기 위한 영상자료로 적용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상 지역

본 연구의 대상지역은 N시 D동과 N시 D면의 2지역으로 도시지역의 특성을 지닌곳과 농촌지역의 특성을 지닌 곳을 한곳씩 선정하였다. N시 D동은 전체면적이 3.66 km<sup>2</sup>로 지적공부상의 지목을 기준으로 수계오염총량관리기술지침상의 5개 지목으로 구분했을 때 전 15.0%, 답 13.3%, 임야 33.5%, 대지 28.7%, 기타 9.5%를 차지하고 있다. N시 D면의 경우는 전체면적이 43.32 km<sup>2</sup>로 전 10.9%, 답 39.9%, 임야 24.2%, 대지 7.1%, 기타 17.8%를 차지하고 있다.

### 2.2. 영상자료

본 연구의 대상이 된 N시에 대하여 활용가능한 기 구축 영상자료는 환경부의 Landsat7(공간해상도 15 m), IRS-1D(공간해상도 5.8 m), SPOT5(공간해상도 2.5 m), 국토지리정보원의 IKONOS(공간해상도 1 m), 환경부, 국토지리정보원 및 국립산림과학원이 보유하고 있는 항공사진(공간해상도 0.8 m) 등이 있다. LandsatTM, LandsatETM+, IRS-1D 영상은 해상도가 낮아 피복 분류시 분류정확도 검증에 어려움이 있고 항공사진, IKONOS는 고해상도 자료이나, 촬영연도가 각각 1999년, 2003년 자료로, 본 연구대상지역의 지적공부상 자료와 기준년도가 맞지 않아 토지계 부하량

비교/분석이 곤란하였다. 반면 SPOT5는 해상도 2.5M 영상으로 환경부의 중분류 토지피복지도 사업(환경부, 2003)시 분류정확도가 입증되었으며 2007년 4월 촬영된 영상으로 지적공부상 자료와 기준년도가 일치하여 본 연구의 영상자료로 선정하였다.

### 2.3. 토지피복도 분류

지적공부상의 형태가 아닌 실제토지이용에 따른 부하량을 파악하기 위하여 영상자료를 이용하여 토지지목을 지적공부상의 28개 지목(밭, 과수원, 대지, 공장용지, 창고용지, 도로, 논, 학교용지, 철도용지, 목장, 주차장, 체육용지, 산림, 주유소용지, 유원지, 종교용지, 하천, 공원, 사적지, 구거, 묘지, 광천지, 유지, 염전, 잡종지, 양어장, 제방, 수도용지)과 골프장의 총 29개 지목으로 증분류한 후 지적공부상의 중분류 항목을 실제 토지이용형태에 따라 시설지, 산림, 수역, 초지, 나지, 주차장, 도로 등으로 현재의 토지피복형태에 따라 217개 항목으로 세분류하였다. 현재의 수계오염총량관리기술지침상의 원단위 항목은 전, 답, 대지, 임야, 기타의 5개 항목으로 분류되어 있어(국립환경과학원, 2008b) 세분류 항목을 원단위 항목의 5개 항목으로 구분하여 단순화할 수도 있으나 향후 원단위 항목의 조정 및 개정등을 고려하여 세분류하였다.

영상을 기준으로 분류하되, 영상만으로 경계 및 지목 구분이 어려운 경우 수치지도 및 지적도를 참고하여 구분하였다. 즉 토지피복분류 결과와 수치지도 및 지적도의 자료를 비교분석하여 상관성이 있는 것으로 판단되는 경우 지목을 구분하였으며 수치지도 및 지적도 등 참고자료를 통해서도 구분이 불명확한 경우는 해당지역의 정확한 토지지목을 파악하기 위해 현장탐문조사를 실시하여 토지이용도 분류작업을 수행하였다. 특히 원단위 “기타”에 속하는 지적공부상의 지목 구거 및 제방의 경우 SPOT5 위성영상

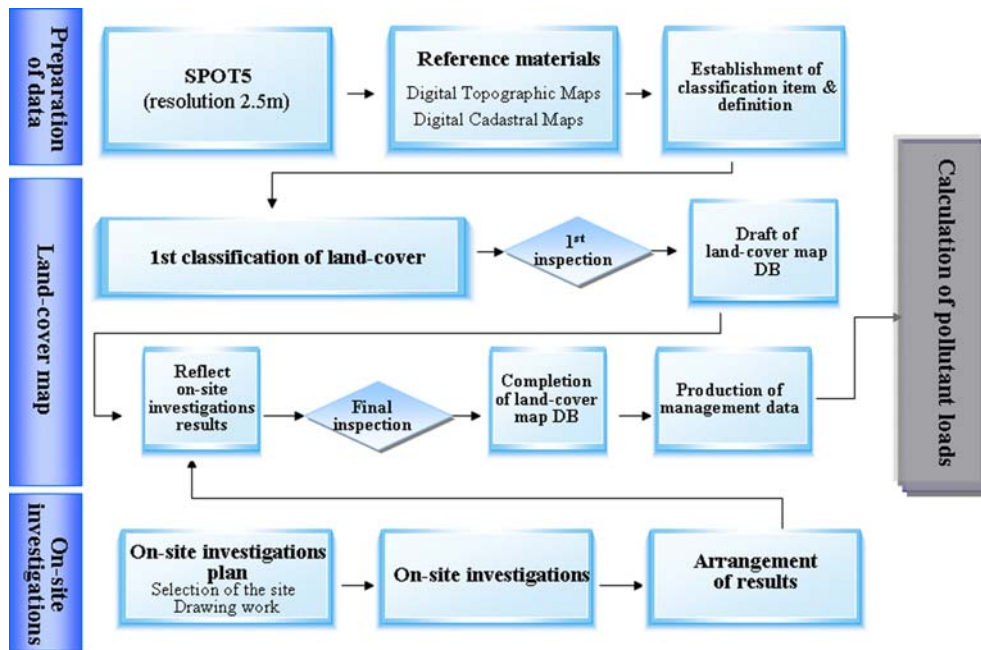


Fig. 2. Land cover map process.

으로 육안 판독이 어렵거나, 구분이 불명확한 경우가 많은 데 도시지역의 특성을 지닌 D동의 경우 전체면적 중 2.9%, 농촌의 특성을 지닌 D면의 경우 약 6.6%에 해당되는 면적이다. 하지만 부하량 산정시에는 기술지침상의 5개 지목중 원단위가 가장 낮은 기타항목으로 포함되어 부하량이 산정되므로 실제토지계 전체 부하량 중 구거 및 제방에 의한 영향은 크지 않은 것으로 판단된다. 구름으로 인해 가려진 지역이나 구름 그림자가 진 지역 등 토지피복의 속성을 파악할 수 없는 경우에는 참조자료 및 인접속성과의 관계 유추 및 현지조사를 통하여 토지피복경계 및 속성을 정하였다. 지목별 각각의 폴리곤 내 세분류 항목이 차지하는 비율이 10% 미만일 경우 따로 구분하지 않고 해당 폴리곤에 편입하여 도식하며, 장축 기준 25 m×25 m 이상의 속성은 구분하여 도식하였다. 묘지의 경우 영상만으로 판독이 불가능하므로 지적도를 참고하여 그 경계 및 속성을 구분하여 도식하였다. 도로의 경우 영상으로 판독 가능한 폭 6 m 이상인 지역을 도로로 구분하여 도식하며, 지적도를 참고하여 지적도상 도로 지역 또한 구분하여 도식하였다. 상세한 토지피복도 제작과정을 Fig. 2에 나타내었다.

#### 2.4. 정확도 검증

분류된 토지피복지도에 대한 정확도를 검증하기 위해 AQL(Acceptable Quality Level) 기준으로 전체 폴리곤 수량에 맞는 표본 개수를 선정 및 추출하여 정확도 검증을 실시하였다. 정확도 검증 조사는 정사보정 된 항공영상자료를 기본으로 그 위에 토지피복분류 결과를 중첩한 후 랜덤 추출된 조사 지점에 대해서 별도의 ID를 부여하여 현지조사를 수행하였다. 지목이 차지하는 점유율을 고려하여 조사 지점수를 결정하였으며 총 200 지점을 대상으로 정확도 조사를 수행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. N시 D동의 토지피복 분류

##### 3.1.1. 피복분류에 의한 지목별 면적의 산정

N시 D동의 영상자료에 의한 피복분류결과 및 지적공부와 토지피복에 따른 지목별 면적변화를 Fig. 3와 Table 1에 각각 나타내었다. 면적비교결과 전, 답, 주차장, 도로, 유지, 공원, 묘지는 지적공부상의 면적이 피복분류결과보다 크게 나타났으며, 반면 과수원, 임야, 대지, 공장용지, 학교용지, 창고용지, 체육용지, 종교용지, 사적지, 잡종지는 토지피복 결과가 더 크게 나타났다.

전체토지의 면적은 지적공부상이 3,657,791 m<sup>2</sup>, 영상자료를 이용한 토지피복에 의한 면적이 3,665,708 m<sup>2</sup>으로 나타나 영상자료에 의한 면적이 7,917 m<sup>2</sup> 큰 것으로 파악되었고 지적공부와 실제 토지 면적은 약 0.2%의 차이를 나타내었다.

수계오염총량관리기술지침에 원단위가 제시되어 있는 5개 항목(전, 답, 임야, 대지, 기타)으로 재분류한 결과(Table 2) 임야와 기타 항목에서 토지피복 결과가 크게 나타났으며, 전, 답, 대지 항목은 지적공부상의 면적이 크게 나타났다. 이는 지적공부상의 지목이 실제지목과 다를 가능성과 함께, 전, 답, 대지의 항목에서 지적공부상의 토지이용도와는 달리 다른 용도로의 토지전용 또는 내부에 시설물의 설치 등이 이루어 졌을 가능성을 나타낸다.

##### 3.1.2. 지목별 면적차이 발생의 원인

기준에 적용하던 지적공부상의 면적과 영상자료를 이용한 토지피복 분류에 다른 면적 재산정시 면적차이가 발생하는 주된 원인은 첫째, 지적공부상 지목과 실제 지목이 다른 경우와 둘째, 영상을 이용한 피복 세분류에 따른 면적 차이 등 크게 2가지로 볼 수 있다.



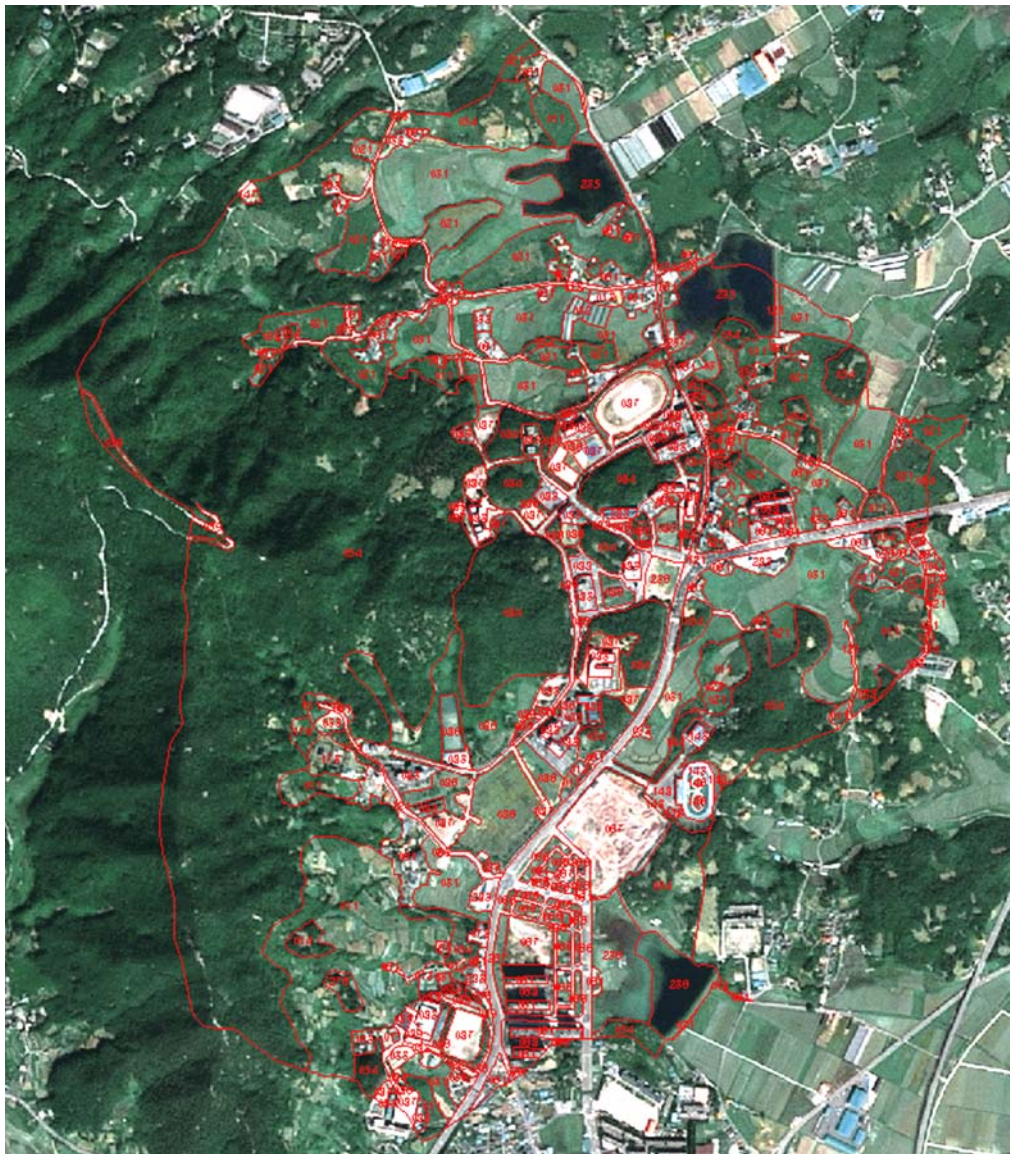


Fig. 3. Land cover classification results of N city D dong.

Table 1. Comparison between landuse area by land registration document and SPOT-5 in N city D dong

Land category	Land registration document		SPOT-5		Unit loads items of TMDLs technical guideline
	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	
Dry paddy	361,810	9.9	295,536	8.1	Dry paddy
Rice paddy	486,322	13.3	429,973	11.7	Rice paddy
Orchard	185,295	5.1	237,224	6.5	Dry paddy
Pasture	639	0.0	526	0.0	Etc.
Forestry	1,225,929	33.5	1,402,272	38.3	Forestry
Mineral spring	-	-	-	-	Etc.
Salt marsh	-	-	-	-	Etc.
Ground	236,811	6.5	284,982	7.8	Ground
Factory site	905	0.0	2,170	0.1	Ground
School site	594,022	16.2	621,201	16.9	Ground
Parking lot	903	0.0	597	0.0	Ground
Gas station site	-	-	-	-	Ground
Warehouse site	1,185	0.0	1,619	0.0	Ground
Road	158,363	4.3	144,573	3.9	Ground
Railroad site	-	-	-	-	Ground

**Table 1.** Comparison between landuse area by land registration document and SPOT-5 in N city D dong (continued)

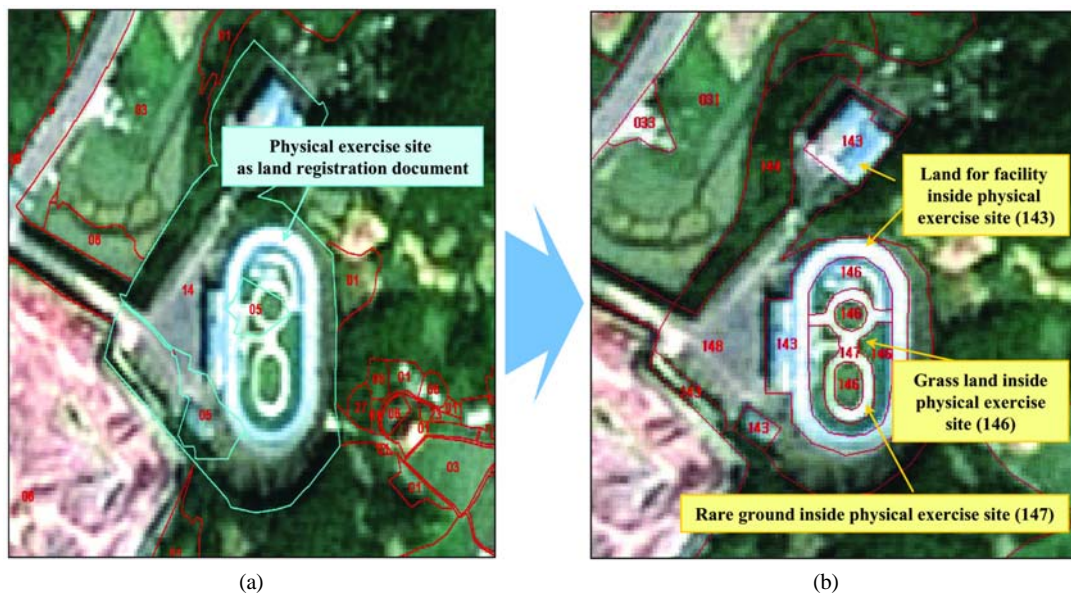
Land category	Land registration document		SPOT-5		Unit loads items of TMDLs technical guideline
	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	
Embankment	-	-	-	-	Etc.
River	-	-	-	-	Etc.
Ditch (Gully)	94,786	2.6	-	-	Etc.
Pond (Marsh)	170,274	4.7	155,356	4.2	Etc.
Fish farm	-	-	-	-	Etc.
Water supply site	-	-	-	-	Etc.
Park	8,217	0.2	7,098	0.2	Etc.
Physical exercise site	32,608	0.9	35,337	1.0	Ground
Recreation ground	-	-	-	-	Ground
Religious site	7,917	0.2	8,666	0.2	Ground
Historical site	17,324	0.5	18,364	0.5	Ground
Burial ground	64,634	1.8	5,756	0.2	Etc.
Miscellaneous land	9,847	0.3	14,458	0.4	Etc.
Total	3,657,791	100	3,665,708	100	

**Table 2.** Estimation of 5 items' (which have unit loads) area by land registration document and SPOT-5 of N city D dong

Classification	Unit loads of 5 items (unit:m <sup>2</sup> )				
	Dry paddy	Rice paddy	Forestry	Ground	Etc.
SPOT-5 (A)	520,788	405,777	1,599,829	670,622	468,692
	14.21%	11.07%	43.64%	18.29%	12.79%
Land registration document (B)	547,105	486,322	1,225,929	1,050,038	348,397
	15.00%	13.30%	33.50%	28.70%	9.50%
A-B	-26,317	-80,545	373,900	-379,416	120,297
	-0.79%	-2.23%	10.14%	-10.41%	3.29%

N시 D동의 경우, 지적공부상 지목과 실제 지목과의 차이가 발생하여 면적에 차이가 발생하는 경우도 존재하였으나 이보다는 지적공부상에는 특정지목이 내부의 실제 토지이용도와는 별개로 특정지목 한가지로 분류되는 반면 영상을

이용한 토지 피복의 세분류시에는 특정지목 내부의 지목들이 실제 사용되고 있는 토지 형태에 따라 재분류됨에 따라 원단위 면적 차이가 발생되어 면적이 차이 나는 주된 원인으로 나타났다.



**Fig. 4.** Classification of physical exercise-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery



토지피복의 세분류에 따른 면적차이의 발생원인의 몇 가지를 예로 들면 체육용지의 경우(Fig. 4) 지적공부상 종합운동장, 골프장 등 체육시설의 토지와 이에 접속된 부속시설물의 부지를 포함하여 분류하고 있어 부하량 산정시 체육용지의 모든 면적이 원단위 '대지'로 계산되나 토지피복 분류시는 체육용지 내 건물과 운동장, 초지, 도로 등을 구분하여 세분류하였고 부하량 산정시 체육용지 내 시설지, 도로, 주차장은 원단위 '대지' 이외 운동장, 초지, 나지는 원단위 '기타'로 세분화되어 계산됨에 따라 원단위 '대지'로 계산되는 면적이 상대적으로 감소되었다.

또한, 학교용지의 경우(Fig. 5) 지적공부상은 학교의 교사

와 이에 접속된 부속시설물의 부지 및 체육장 등을 모두 포함하여 부하량 산정시 학교용지의 모든 면적이 원단위 '대지'로 계산된다. 토지피복 분류시는 학교 내 건물과 부속시설, 운동장, 도로 및 산림 등을 피복에 따라 세분류하고 부하량 산정시 학교 내 시설지, 도로, 주차장은 원단위 '대지', 이외 운동장, 연못, 초지는 원단위 '기타', 학교 내 산림은 원단위 '임야'로 세분화되어 계산됨에 따라 원단위 '대지'로 계산되는 면적이 상대적으로 감소하였다.

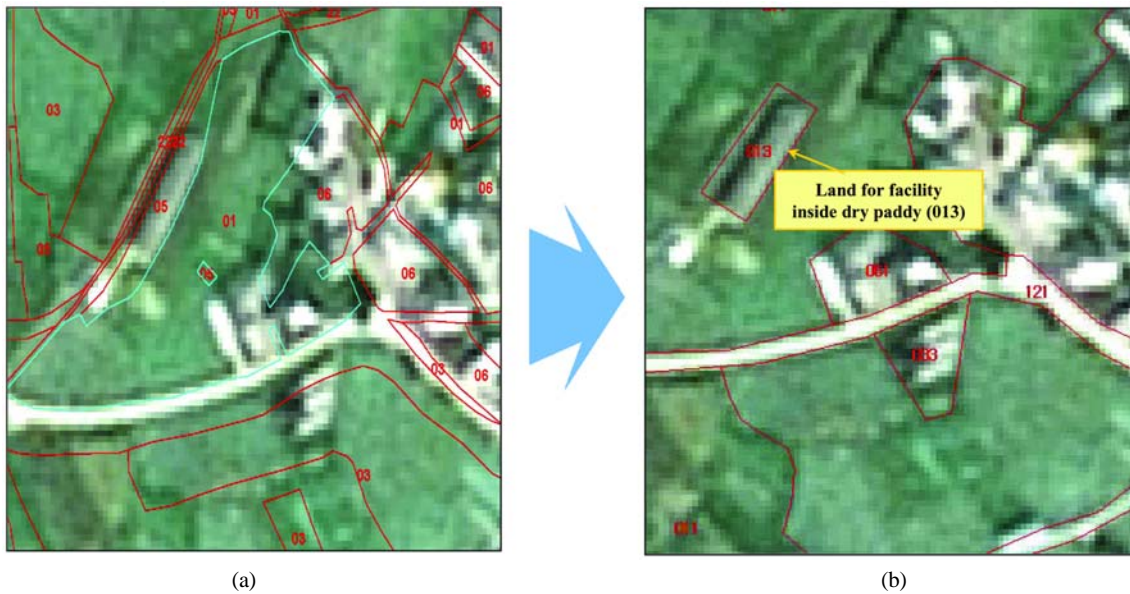
일부지역의 경우 지적공부상의 지목과 토지피복 분류시의 지목이 상이한 곳이 존재하였는데 지적공부상에 임야(Fig. 6)로 분류된 곳이 실제 토지피복 분류시에는 산림지역은



Fig. 5. Classification of school-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery



Fig. 6. Classification of forestry-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery



**Fig. 7.** Classification of dry paddy-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery

“임야”, 시설지는 “대지”로 분류되어 시설지역은 원단위 “대지”로 계산되어 면적의 차이가 발생하였다. 또한 지적공부상에 전(Fig. 7)으로 분류된 곳이 실제 토지피복 분류시에는 “전”지목의 시설지를 원단위 “대지”지목으로 계산하여야 하는 곳도 발생함에 따라 면적의 차이가 발생하였다.

**3.1.3. 피복분류에 의한 부하량의 산정**

영상자료를 이용하여 세분류된 지목별 면적을 수계오염 총량관리 기술지침상의 5개 지목의 면적으로 재분류한 후 기술지침상의 항목별(BOD, T-N, T-P) 원단위를 곱하여 식 (1)에 의해 부하량을 산정하여 기존에 적용하고 있는 지적공부상의 부하량과 비교하였다(Table 4).

지목별 부하량 = 지목별 원단위 × 영상자료에 의해 재분류된 지목(기술지침상의 5개 지목으로 재조정)면적 (1)

Table 4에서 보는 바와 같이 T-P의 경우 지적공부와 영상자료의 전체면적에 대한 부하량 절대 값은 0.81 kg/d로 표면상으로는 차이가 거의 없는 것으로 보이나 이는 상대적으로 T-P의 원단위가 BOD, T-N의 원단위보다 작기 때문이다. 하지만 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 T-P가 28.7%를 차지하고 있어 BOD 34.5%, T-N 19.7%와

**Table 3.** Unit loads of annual average generation loading as land use types

Land use	BOD (kg/km <sup>2</sup> ·d)	T-N (kg/km <sup>2</sup> ·d)	T-P (kg/km <sup>2</sup> ·d)
Dry paddy	1.59	9.44	0.24
Rice paddy	2.30	6.56	0.61
Forestry	0.93	2.20	0.14
Ground	85.90	13.69	2.10
Etc.	0.960	0.759	0.027

비교할 때 상당히 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 전, 답, 임야, 대지, 기타 항목에 대한 T-P의 부하량 차이는 각각 0.01 kg/d, 0.05 kg/d, 0.05 kg/d, 0.8 kg/d, 0 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 7.7%, 16.7%, 29.4%, 36.2%, 0%를 각각 나타내었다. T-N의 경우 부하량 차이는 대지에서 약 5.2 kg/d, 전, 답, 임야, 기타에서 0.24 kg/d, 0.53 kg/d, 0.82 kg/d, 0.1 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 36.2%, 4.7%, 16.6%, 30.4%, 38.5%를 각각 나타내었다. BOD의 경우 전, 답, 임야, 대지, 기타 항목에 대한 부하량 차이는 각각 0.04 kg/d, 0.19 kg/d, 0.35 kg/d, 32.59 kg/d, 0.12 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 4.6%, 17.0%, 30.7%, 36.1%,

**Table 4.** Estimation of pollution loads by land registration document and SPOT-5

Land use	BOD (kg/d)		T-N (kg/d)		T-P (kg/d)	
	Land registration document	SPOT-5	Land registration document	SPOT-5	Land registration document	SPOT-5
Dry paddy	0.87	0.83	5.16	4.92	0.13	0.12
Rice paddy	1.12	0.93	3.19	2.66	0.30	0.25
Forestry	1.14	1.49	2.70	3.52	0.17	0.22
Ground	90.20	57.61	14.38	9.18	2.21	1.41
Etc.	0.33	0.45	0.26	0.36	0.01	0.01
Total	93.66	61.31	25.69	20.64	2.82	2.01



36.4%로 각각 나타났다.

BOD의 경우 대지의 원단위가  $85.90 \text{ kg/km}^2 \cdot \text{d}$ 로 다른 토지지목의 원단위보다 매우 크기 때문에 토지면적의 작은 변화에도 부하량이 크게 변동될 수 있다. BOD, T-N, T-P 모두 대지의 원단위가 토지이용별 타 원단위보다 상대적으로 높기 때문에 대지 면적의 평가시에는 특별히 불확실도를 낮추어야 할 것으로 판단된다.

### 3.2. N시 D면의 토지피복 분류

#### 3.2.1. 피복분류에 의한 지목별 면적의 재산정

N시 D면의 영상자료에 의한 피복분류결과 및 지적공부와 토지피복에 따른 지목별 면적변화를 Fig. 8과 Table 5에

각각 나타내었다. 면적비교결과 과수원, 목장용지, 임야, 공장용지, 창고용지, 도로, 구거, 유지, 잡종지는 지적공부상의 면적이 피복분류결과보다 크게 나타났으며, 반면 전, 답, 대지, 학교용지, 하천, 종교용지는 토지피복결과가 더 크게 나타났다.

전체토지의 면적은 지적공부상이  $43,322,284 \text{ m}^2$ , 영상자료를 이용한 토지피복에 의한 면적이  $43,080,002 \text{ m}^2$ 로 나타나 영상자료에 의한 면적이  $242,282 \text{ m}^2$  작은 것으로 파악되었고 지적공부와 실제 토지 면적은 약 0.6%의 차이를 나타내었다.

수계오염총량관리기술지침에 원단위가 제시되어 있는 5개 항목으로 재분류한 결과(Table 5) 전, 답, 대지 항목에서

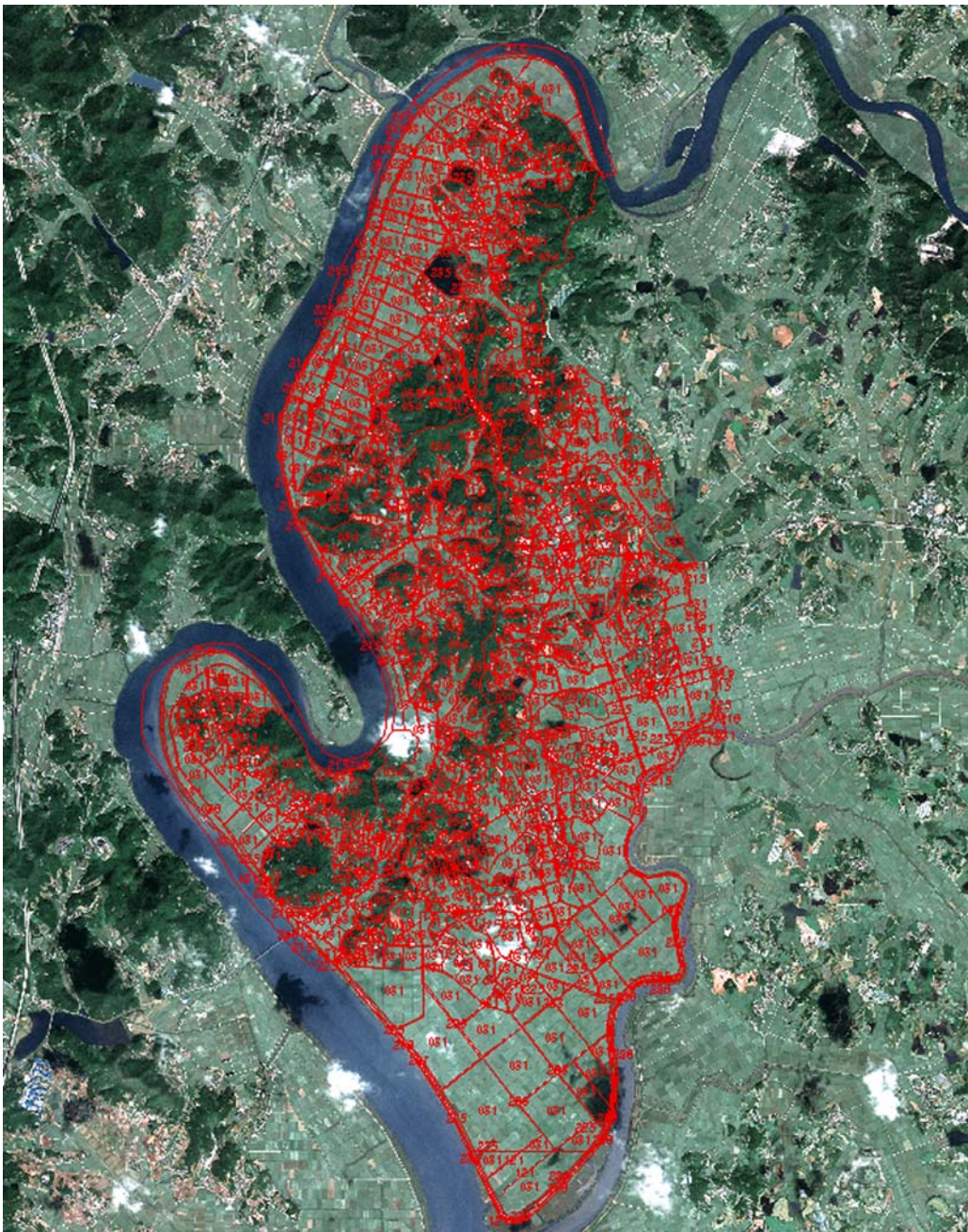


Fig. 8. Land cover classification results of N city D myeon.



**Table 5.** Comparison between landuse area by land registration document and SPOT-5 in N city D myeon

Land category	Land registration document		SPOT-5		Unit loads items of TMDLs technical guideline
	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	Area (m <sup>2</sup> )	Ratio (%)	
Dry paddy	4,591,770	10.60	5,078,519	11.79	Dry paddy
Rice paddy	17,300,657	39.93	20,788,861	48.26	Rice paddy
Orchard	126,352	0.29	130,132	0.30	Dry paddy
Pasture	222,467	0.51	221,526	0.51	Etc.
Forestry	10,489,749	24.21	9,937,782	23.07	Forestry
Mineral spring	-	-	-	-	Etc.
Salt marsh	-	-	-	-	Etc.
Ground	1,069,774	2.47	1,250,591	2.90	Ground
Factory site	51,453	0.12	47,679	0.11	Ground
School site	49,736	0.11	49,894	0.12	Ground
Parking lot	-	-	-	-	Ground
Gas station site	-	-	-	-	Ground
Warehouse site	4,444	0.01	3,051	0.01	Ground
Road	1,913,784	4.42	1,711,224	3.97	Ground
Railroad site	-	-	-	-	Ground
Embankment	3,357,418	7.75	173,843	0.40	Etc.
River	398,284	0.92	2,152,420	5.00	Etc.
Ditch(Gully)	2,343,756	5.41	502,677	1.17	Etc.
Pond(Marsh)	978,598	2.26	782,087	1.82	Etc.
Fish farm	-	-	-	-	Etc.
Water supply site	-	-	-	-	Etc.
Park	-	-	-	-	Etc.
Physical exercise site	-	-	-	-	Ground
Recreation ground	-	-	-	-	Ground
Religious site	2,253	0.01	5,882	0.01	Ground
Historical site	-	-	-	-	Ground
Burial ground	136,998	0.32	45,791	0.11	Etc.
Miscellaneous land	284,791	0.66	198,043	0.46	Etc.
Total	43,322,284	100	43,080,002	100	

**Table 6.** Estimation of 5 items' (which have unit loads) area by land registration document and SPOT-5 of N city D myeon

Classification	Unit loads of 5 items (unit:m <sup>2</sup> )				
	Dry paddy	Rice paddy	Forestry	Ground	Etc.
SPOT-5 (A)	5,131,363	20,618,780	9,815,406	3,434,448	4,080,004
	11.9%	47.9%	22.8%	8.0%	9.5%
Land registration document (B)	4,718,122	17,300,657	10,489,749	3,091,444	7,722,312
	10.90%	39.9%	24.2%	7.1%	17.8%
A-B	413,241	3,318,123	- 674,343	343,004	- 3,642,308
	1.0%	8.0%	-1.4%	0.9%	-8.3%

토지피복 결과가 크게 나타났으며, 임야 및 기타 항목은 지적공부상의 면적이 크게 나타났다. 이는 지적공부상의 지목이 실제지목과 다를 가능성과 함께, 임야 및 기타의 항목에서 지적공부상의 토지이용도와는 달리 다른 용도로의 토지전용 또는 내부에 시설물의 설치등이 이루어졌을 가능성을 나타낸다.

**3.2.2. 지목별 면적차이 발생의 원인**

N시 D동의 경우와 마찬가지로 N시 D면의 경우 또한 기존에 적용하던 지적공부상의 면적과 영상자료를 이용한 토지피복 분류에 다른 면적 재산정시 면적차이가 발생하는

주된 원인은 지적공부상 지목과 실제 지목이 다른 경우와 영상을 이용한 피복 세분류에 따른 면적 차이 등 크게 2가지로 볼 수 있다.

원단위 “전”, “답”의 경우, 지적공부상 “하천”용지로 구분되어 있으나, 영상을 이용한 피복분류 결과 “전” 또는 “답”의 재배지로 분류되어 해당 원단위의 면적이 전체적으로 늘어났다. “대지”의 경우, 지적공부상 전, 답 용지 내 하우스 재배지 및 대지로의 용지전용 등의 경우에 의해 면적이 늘어났다. “기타”는 지적공부상 지목(묘지, 사적지, 잡종지 등)을 시설지, 산림, 수역, 초지, 나지, 도로, 주차장 등 피복의 물리적 형태로 세분류하여 원단위를 적용하게 됨에 따

라 지적공부상 원단위 면적보다 적게 나타났다. 또한, 원단위 “기타”에 속하는 지적공부상 지목 구거 및 제방의 경우 SPOT5 위성영상(해상도 2.5 m)으로 육안 판독이 어렵거나, 구분이 불명확하여 피복분류가 되지 않은 경우가 있었으며, 그 결과 피복분류의 원단위 “기타”면적이 감소하였다.

영상자료의 피복 세분류에 따른 면적차이가 발생하는 경우를 예로 들면 원단위 전, 답의 경우(Fig. 9) 지적공부상 “전”, “답”으로 분류하고 있어 부하량 산정시 전, 답의 모든 면적이 원단위 “전”, “답”으로 계산되나 영상 판독 결과 “전”, “답” 내의 하우스 재배지 및 시설지를 구분하여 분류할 필요가 있으며 이에 따라 하우스 재배지 및 시설지는 원단위 “대지”로 계산되었다.

지적공부상과 실제 지목이 상이한 경우는 지적공부상에

입야(Fig. 10)로 분류된 곳이 실제 영상을 이용한 피복분류 결과 “입야” 지목은 아닌 것으로 판단되어 현장조사를 실시하여 “목장” 용지의 시설지 및 나지로 세분류하였으며 이에 따라 목장 시설지는 원단위 “대지”, 나지는 원단위 “기타”로 계산하여야 하는 곳이 발생함에 따라 면적의 차이가 발생하였다.

또한, 지적공부상에 전(Fig. 11)로 분류된 곳이 영상 판독 결과 대지로 전용된 지역이 있어 원단위 “대지”로 계산되었다.

### 3.2.3. 피복분류에 의한 부하량의 산정

영상자료를 이용하여 재분류된 지목별 면적을 수계오염 총량관리 기술지침상의 5개 지목의 항목별(BOD, T-N, T-P) 부하량을 산정하여 기존에 적용하고 있는 지적공부상의 부



Fig. 9. Classification of dry paddy and rice paddy-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery



Fig. 10. Classification of forestry-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery



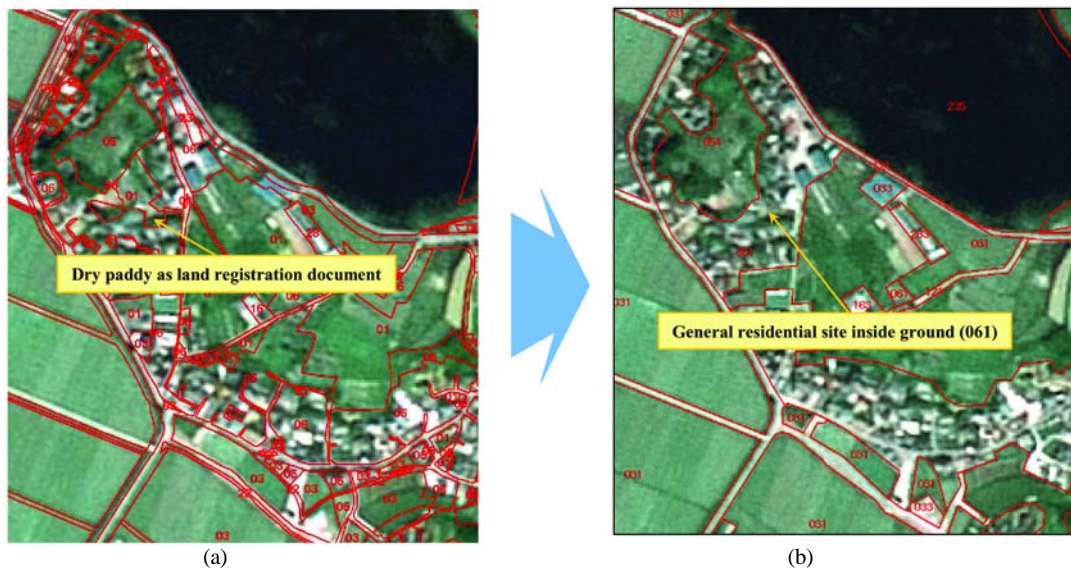


Fig. 11. Classification of dry paddy-related land cover using land registration document and SPOT-5 Satellite Imagery. (a) land registration document, (b) SPOT-5 Satellite Imagery

Table 7. Estimation of pollution loads by land registration document and SPOT-5

Land use	BOD (kg/d)		T-N (kg/d)		T-P (kg/d)	
	Land registration document	SPOT-5	Land registration document	SPOT-5	Land registration document	SPOT-5
Dry paddy	7.50	8.43	44.54	50.08	1.13	1.27
Rice paddy	39.79	46.97	113.49	133.97	10.55	12.46
Forestry	9.76	9.14	23.08	21.61	1.47	1.38
Ground	265.56	299.15	42.32	47.68	6.49	7.31
Etc.	7.41	3.89	5.86	3.07	0.21	0.11
Total	330.02	367.58	229.29	256.41	19.85	22.53

Table 8. Analysis for the accuracy of land-cover map

Inspection ID	Land use (%)	Inspection site #			Accuracy (%)	
		Total	True	False		
A	Dry paddy (01)	22	40	35	5	87.5
B	Orchard (02)	4	8	8	-	100
C	Rice paddy (03)	25	40	36	4	90.5
D	Pasture (04)	3	5	4	1	80.0
E	Forestry (05)	13	23	20	3	87.0
F	Ground (06)	16	27	25	2	92.6
G	Factory site (07)	1	3	3	-	100
H	School site (08)	1	3	3	-	100
I	Parking lot (09)	0	2	1	1	50.0
J	Gas station site (10)	0	2	2	-	100
K	Warehouse site (11)	0	2	2	-	100
L	Road (12)	3	8	8	-	100
M	Railroad site (13)	0	2	2	-	100
N	Physical exercise site (14)	0	3	2	1	66.7
O	Religious site (16)	0	2	2	-	100
P	Historical site (17)	0	1	1	-	100
Q	Embankment (20)	0	3	3	-	100
R	River (21)	3	5	5	-	100
S	Ditch (Gully) (22)	2	4	3	1	75.0
T	Pond (Marsh) (23)	2	4	4	-	100
U	Fish farm (24)	0	2	2	-	100
V	Water supply site (25)	0	2	1	1	50.0
W	Park (26)	0	2	-	2	0.0
Y	Miscellaneous land (28)	4	7	7	-	100
Total		100	200	179	21	89.5

하량과 비교하였다(Table 7).

N시 D면의 지적공부와 영상자료의 부하량 차이는 도시 지역의 특성을 지닌 D시와 비교할 때 Table 8에서 보는 바와 같이 모든 지목에서 상대적으로 N시 D동에 비해 비교적 부하량의 차이가 큰 것으로 나타났다. 이는 농촌지역이 도시지역에 비해 상대적으로 지적공부상의 토지이용도가 차이가 많이 나며 다른 용도로의 토지전용 및 내부에 시설들의 설치가 광범위하게 이루어지고 있음을 의미한다.

전, 답, 임야, 대지, 기타 항목에 대한 T-P의 부하량 차이는 각각 0.14 kg/d, 1.91 kg/d, 0.09 kg/d, 0.82 kg/d, 0.1 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 12.4%, 18.1%, 6.1%, 12.6%, 47.6%를 각각 나타내었다. T-N의 경우 부하량 차이는 대지에서 약 5.36 kg/d, 전, 답, 임야, 기타에서 5.54 kg/d, 20.48 kg/d, 1.47 kg/d, 2.79 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 12.7%, 12.4%, 18.0%, 6.4%, 47.6%를 각각 나타내었다. BOD의 경우 전, 답, 임야, 대지, 기타 항목에 대한 부하량 차이는 각각 0.93 kg/d, 7.18 kg/d, 0.62 kg/d, 33.59 kg/d, 3.52 kg/d이며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 12.4%, 18.0%, 6.4%, 12.6%, 47.5%로 각각 나타났다.

T-P의 경우 “답”과 “대지”에서 비교적 차이가 났으며 그의 항목에서는 거의 차이를 나타내지 않았다. T-N의 경우 “답”에서 많은 차이를 나타내었으며 “전”, “산림”, “기타”, “대지”항목에서는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. BOD의 경우 대지, 답, 기타항목의 순으로 부하량 차이가 높게 나타났으며 반면 “임야”와 “전”에서는 부하량 차이가 상대적으로 크지 않은 것으로 나타났다.

### 3.3. 정확도 검증결과

나주시 전체의 토지피복지도 정확도는 Table 8에서 보는 바와 같이 89.5%로 조사되었다. 지목별로는 공원, 주차장, 수도용지 등의 정확도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며 전, 답, 임야 등 점유율의 대부분을 차지하는 지목의 정확도는 높게 나타났다. 위성영상에서는 자갈 등으로 이루어진 나지와 시멘트로 포장된 토지의 구분이 명확하지 않고, 시설지와 주차장 간의 세분류가 어렵기 때문에 토지피복지도의 주차장과 공원 지목의 정확도가 낮게 나타났으며, 전, 답, 과수원, 임야 등은 위성영상 판독시 그 경계가 명확하기 때문에 다른 지목에 비하여 정확도가 높게 나타난 결과이다.

## 4. 결론

본 연구는 수질오염총량관리제에서 토지계부하량 산정시 적용되고 있는 기존의 지적공부상의 면적을 이용한 지목별

면적 산정방식의 불확실성을 상당부분 해소하고 보다 과학적이며, 실제 토지이용형태에 부합할 수 있는 방안의 하나로 SPOT-5 영상자료를 이용한 토지피복분류 방법을 제시하였으며 다음의 결론을 도출하였다.

- 1) 지적공부상에는 특정지목이 내부의 실제 토지이용도와는 별개로 특정지목 한가지로 분류되는 반면 영상을 이용한 토지 피복의 세분류시에는 특정지목 내부의 지목들이 실제 사용되고 있는 토지 형태에 따라 재분류됨에 따라 원단위 면적 차이가 발생되었다.
- 2) N시 D동의 영상자료에 의한 피복분류결과를 바탕으로 부하량을 산정한 결과 지적공부에 비해 부하량이 작게 평가되었으며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 T-P 28.7%, BOD 34.5%, T-N 19.7%로 나타났다.
- 3) N시 D면의 영상자료에 의한 피복분류결과를 바탕으로 부하량을 산정한 결과 지적공부에 비해 부하량이 높게 평가되었으며 지적공부상의 부하량대비 부하량의 오차는 T-P 13.5%, BOD 11.4%, T-N 11.8%로 나타났다.
- 4) 나주시 전체의 토지피복지도 정확도는 89.5%로 조사되었으며 공원, 주차장, 수도용지 등의 정확도가 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며 전, 답, 임야 등 점유율의 대부분을 차지하는 지목은 위성영상 판독시 그 경계가 명확하기 때문에 정확도가 높게 나타났다.

## 사 사

본 연구는 2007년도 영산강·섬진강수계 기금사업(오염총량관리조사연구)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- 국립환경과학원(2004). 수계오염총량관리기술지침.  
 국립환경과학원(2008a). 영산강수계 실제 토지이용에 따른 비점오염부하량 산정 및 할당편입예정 시설의 삭감부하량 산정방안.  
 국립환경과학원(2008b). 제2단계 수계오염총량관리기술지침.  
 이상익, 이종수, 최윤수(2003) 인공위성 영상자료를 이용한 비점오염원 분포지도 제작과 비점오염부하량 산정 결과 분석. 대한토목학회논문집, 23, pp. 727.  
 환경부(2003). 인공위성영상자료를 이용한 토지피복지도 구축.  
 환경부(2004). 백두대간 훼손실태 조사연구 II.  
 환경부(2005). 토지피복지도를 활용한 원단위 산정 및 비점오염원 모델링.  
 환경부(2007a). 금강수계 오염총량관리기본방침.  
 환경부(2007b). 낙동강수계 오염총량관리기본방침.  
 환경부(2007c). 영산강·섬진강수계 오염총량관리기본방침.  
 환경부(2008). 수질오염총량관리제도 개선방향 추진계획(안).