

인공위성 화상데이터를 이용한 북한 서해안지역의 미완공 간척지 조사

Investigation on Ongoing Tideland Reclamation Projects in Western Coast of North Korea using Satellite Image Data

조 병 진* · 안 기 원**
Cho, Byung Jin · Ahn, Kee Won

Abstract

North Korea reported that tideland reclamation projects had been successfully constructed and/or under construction during the period of the third development scheme(1987~1993), which were 28,400ha in 9 project areas: 8 projects along the western coast and one in the eastern coast.

In this study eight projects located in western coast were investigated in order to confirm the detail of works, construction stages and difference from our project formulation methods using the topographic maps published in different years and the recent satellite image data especially Lansat TM and SPOT PN. Intensity-hue-saturation (IHS) method was adopted to merge two satellite data for the image enhancement of remote sensing.

Construction stages of sea-dikes, land consolidation for paddy and salt pan, reservoir for irrigation and desalinization and the present land use were investigated and estimated the acreage of the development areas. The total gross project areas of 38,105 ha: 16,555 ha completed for paddy or salt pan, 16,826 ha under construction, and 4,724 ha under planning were confirmed, although the area of 27,100 ha in 8 projects were reported to be completed or ongoing on the bimonthly journal of N. Korean Trend published in 1994.

I. 서 론

북한의 간척지개발은 지형조건이 불리한 상황에서 서도 쌀 증산을 도모할 수 있는 가장 효과적인 방법의 하나로 간주하여 이를 적극적으로 추진되어 왔다. 북한의 보도자료에 의하면, 1948년 11월 내

각회의에서 개발사업의 필요성이 처음으로 제기되었다. 그후 1954년 9월부터 1956년 10월까지 압록강 하구로부터 청천강 하구까지의 서해안 간척지에 대한 기초조사가 이루어졌으며, 그 결과 북한 지역에 약 32만ha의 개간 가능한 간척지가 존재한다고 발표하였다.

*경상대학교 농과대학
**경상대학교 공과대학

키워드 : 북한의 농업, 간척, 원격탐사,
인공위성영상자료

Table 1 Tideland reclamation projects completed or ongoing during the period of 1987-1993 as of April 1994

District	Project	Acreage (ha)	Remark
S. Hwanghae	Yongmaedo	2,500	Shinpoong farm
	Eunryul	3,200	new project
	Sahyeon	500	
	Gangryeong	5,200	consolidation under const.
	Cheongtaedo	1,000	consolidation under const.
S. Pyeongan	Geumseong	3,300	
N. Pyeongan	Gwaksan	2,600	
	Daekyedo	8,800	youth farm
S. Hamkyeong	Keumya	1,300	sea-dike under const.
total	9 projects	28,400	const. period: '87-'93

Source : North Korean Trend, bimonthly journal vol. 154, April 1994

1950년대 북한에서는 민간주도의 중·소형 간척 사업을 시행하였으나 후기에는 간척지기업을 조직하여 국가주도로 개발하기 시작하였다. 1960년대 이후 본격적인 간척사업을 추진하였으며 1970년대 말 북한의 간척개발면적은 약 5만ha로 보고되었다.

북한은 전체 국토면적의 18%에 불과한 농경지 면적을 늘림으로써 식량증산을 꾀한다는 목적하에 1981년 10월 노동당 제6기 4차 전원회의를 통해 『4대 자연개조사업』의 하나로 『30만ha 간척지 개발』 목표를 제시하고, 1982~1984년 기간 중에 매년 3~4만ha씩, 1985년부터는 연간 5만ha씩 간척하여 1988년말까지 총 30만ha(황해남도 8만ha, 평안남·북도 각 11만ha)의 간척지를 조성한다는 목표를 설정한 바 있다. 그후 북한은 간척지개발을 위해 정무원 산하 기상수문국 및 과학원 수리공학 연구소에서 이 분야에 대한 기술개발을 전담토록 하는 한편, 1982년에는 황해남도 재령에 간척지건설전문학교를 설립하여 전문가를 양성하는 등 관련 대책을 마련해 왔다.

『30만ha의 간척지 개발사업』은 1980년대의 『10대 전망목표』중 하나로 설정, 추진하였으나 1989년말까지 목표의 20%에 해당되는 6만여 ha를 간척하는데 그쳤다. 이 목표는 제3차 7개년 계획기

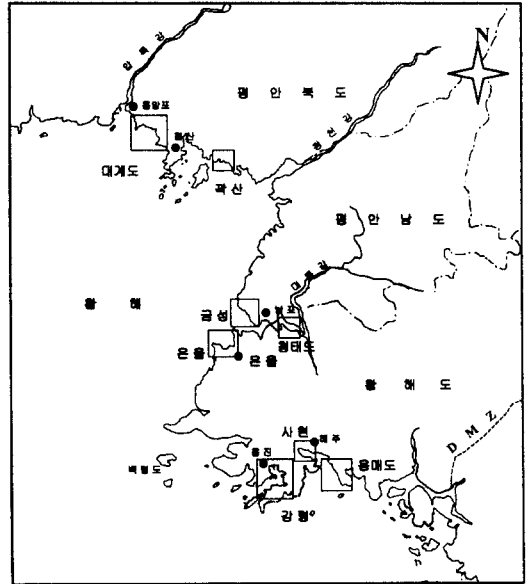


Fig. 1 Locations of ongoing tideland reclamation projects in the western coast of N. Korea

간('87~'93)으로 순연되었다. 제3차 7개년계획(1987~1993) 실시 이후 1994년 4월까지의 간척지개발 사업실적을 보면, 토목자재, 장비부족으로 개발목표인 30만ha 중 실제로 추진된 것은 Table 1에서 보는 바와 같이 9개 지구 총면적 28,400ha에 불과하다고 보고되었다.

본 조사에서는 Table 1의 9개 사업지구 중 서해안에 위치한 8개 지구에 대하여 사업내용을 분석하였으며, 이들 지구위치는 Fig. 1에서 보는 바와 같다. 분석에 사용된 자료는 발행연대가 다른 지형도와 최근에 수집된 인공위성화상자료를 사용하였으며, 이를 토대로 연대별 공사 진척상황과 사업내용을 분석하였다.

II. 재료 및 방법

1. 분석 자료

이 조사에 사용된 북한의 지형도는 1918년에 제작된 축척 1:50,000 지형도, 1977년부터 1987년도

Table 2 Path-row and date taken of satellite image data used for remote sensing

Project	SPOT PN	Landsat TM
Yongmaedo	301-274 (96/07/04)	117-034 (93/04/09)
Eunryl	299-273 (95/05/06)	117-033 (96/11/18)
Sahyeon	301-274 (96/07/04)	117-034 (93/04/09)
Ganryeon	301-274 (96/07/04)	117-034 (93/04/09)
Cheongtae	299-272 (95/05/06)	117-033 (96/11/18)
Geumseong	299-272 (95/05/06)	117-033 (96/11/18)
Gwaksan	298-270 (97/09/09)	118-032 (96/11/18)
Daegyedo	297-270 (99/05/29)	118-032 (96/11/18)

사이에 촬영한 항공사진을 근거로하여 제작된 1:50,000 지형도, 1991년에 제작된 축척 1:250,000 지형도 및 1993년에 제작된 군사지도를 사용하여 분석하였다. 최근의 자료로서는 인공위성 화상자료로서 1993년에서 1999년 사이에 수집된 SPOT PN과 Landsat TM 데이터를 사용하였으며, 사용된 인공위성자료의 path-row와 촬영날짜는 Table 2와 같다.

2. 인공위성 화상데이터의 중합(merging)

구입된 화상데이터는 공급기관에서 표준적으로 채택하고 있는 지구타원체와 평면직각좌표 투영법이기에 때문에 우리 나라 국토기본도의 것과 다르다. 따라서 기하보정을 실시하여 위성데이터를 우리 나라의 지도좌표체계로 맞추어야 한다. 본 연구에서 사용된 기하보정방법은 지상기준점의 지도좌표를 이용하는 방법을 사용하였다. 화상좌표와 지도좌표간의 좌표변환식으로는 1차다항식을 사용하였으며, 화소값의 재배열(resampling) 방법으로는 쌍1차내삽법(bilinear interpolation)을 사용하였다. 재배열에 있어서 화소 1개에 해당하는 지상크기를 SPOT PN 데이터는 지상수신소에서 사용자에게 공급되는 크기인 10m×10m, Landsat TM 데이터는 30m×30m 가 되도록 하였다. 기하보정시의 평균제곱근오차(RMSE)는 각각 ± 1.0 화소 이내가 되도록 하였다.

본 연구에서는 높은 해상력의 SPOT PN 데이

Table 3 Bandwidth overlap between Landsat TM and SPOT PN

Band	Lower bound(μm)	Upper bound(μm)	Overlap of PN (%)
TM1	0.45	0.52	4.5
TM2	0.52	0.60	36.4
TM3	0.63	0.69	27.3
TM4	0.76	0.90	-
TM5	1.55	1.75	-
TM7	2.08	2.35	-
PAN	0.51	0.73	-

터와 다양한 관측파장대를 갖고 있는 Landsat TM 데이터를 사용하여, 대표적인 화상중합방법인 IHS방법과 RGB변환을 사용하는 중합화상을 작성하였다.

RGB 변환은 색정보를 빛의 3요소인 R(적), G(녹) 및 B(청) 요소로, IHS 변환은 색의 3요소인 I(명도 : intensity), H(색상 : hue) 및 S(채도 : saturation)의 특징량으로 변환하는 방법이며 I, H, S 중에서 I는 공간 해상력을, H와 S는 분광반사특성을 표현해 주는 역할을 한다. 고해상도의 panchromatic 데이터와 저해상도의 다중파장대 화상을 사용할 때에는 먼저 저해상도의 3개 파장대의 화상을 I, H, S성분의 화상으로 변환한 후, I성분 화상을 고해상도의 panchromatic 화상으로 대체한 다음, 다시 R, G, B 성분화상으로 역변환하여 칼라로 합성하는 방법이다.

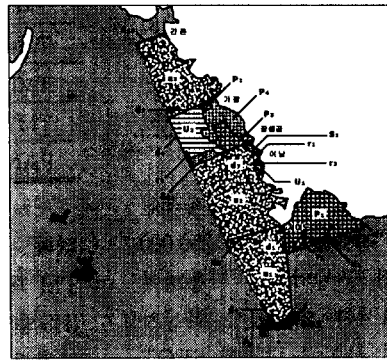
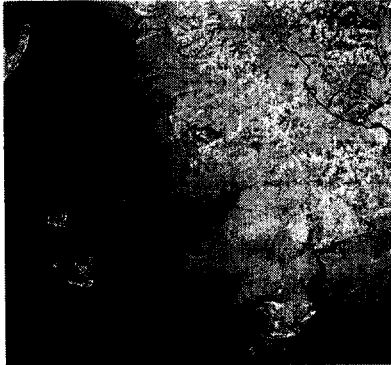
그러나 TM 데이터는 7개 밴드의 데이터로 되어 있기 때문에 IHS 방법에 적용될 3개의 유효밴드 화상을 결정하여야 한다. Table 3에서 보는 바와 같이 SPOT PN 데이터와 Landsat TM 데이터간에 관측파장대가 중복되는 영역은 3개 밴드에 걸쳐 0.18μm이며, 이중 TM1, TM2 및 TM3에서의 파장중복도는 각각 4.5%, 36.4% 및 27.3%이다. Table 4에서 보는 바와 같이 SPOT PN 데이터와 Landsat TM 데이터의 상관관계를 보면, TM2, TM3 및 TM7에서 비교적 상관관계가 양호한 것으로 나타났다.

Table 4 Correlation coefficients between Landsat TM and SPOT PN data

	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM7
PN	0.415	0.442	0.503	0.378	0.422	0.458

Table 5 Correlation coefficients between the intensity image of each TM three bands combination and SPOT PN data

	TM123	TM125	TM127	TM234	TM235	TM237
PN	0.492	0.495	0.485	0.475	0.483	0.492



- sea
- upland
- island
- reservoir built before 1987
- reservoir built before 1993
- reservoir built before 1996
- reclaimed before 1993, salt pan
- reclaimed before 1996, underconst.
- reclaimed before 1993, underconst.
- reclaimed before 1987, paddy field
- reclaimed before 1993, paddy field
- proposed

Fig. 2 Present land use & construction period in Yongmaedo tideland reclamation project

IHS 방법은 고해상도의 panchromatic 데이터를 intensity 화상으로 대체하는 방법으로서 3개의 밴드를 사용한다. 따라서 SPOT PN 데이터와 intensity 화상간의 상관관계를 비교함으로써 유효한 밴드를 선정할 수 있다. Table 5에서 보는 바와 같이 TM 밴드중 3개 밴드가 조합되는 대표적인 밴드 구성 중에서 TM237, TM123 및 TM125의 intensity 화상과 SPOT PN 데이터간의 상관계수가 비교적 높게 나타난다. 따라서 본 연구에서는 Table 3, Table 4 및 Table 5의 결과를 종합적으로 비교한 결과 TM237의 밴드 조합에 유효한 것으로 판단되어, 이를 유효밴드로 선정하였다.

본 연구에서 적용한 RGB-IHS 변환과정은 먼저 Landsat TM2(blue), TM3(green) 및 TM7(red) 화상을 이용하여 I, H, S 성분의 화상으로 변환하였다. 그리고 I 성분 화상과 분산 및 평균이 비슷하도록 고해상도의 SPOT PN 화상을 농도변환(contrast stretch)한 다음, 이를 I성분화상으로 대체하고 다시 R, G, B 성분화상으로 역 변환하여 칼라 합성하였다.

이 합성된 화상을 판독하여 미완공간척지 8개 지구에 대한 사업계획의 내용과 진척사항을 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

북한 서해안에 위치한 미완공간척지 8개 지구에 대하여 분석 고찰된 내용을 아래와 같이 지구별로 정리하였으며, 북한이 보고한 개발면적과 이 분석에서 나타난 내용을 비교하였다.

1. 사업지구별 고찰

가. 용매도지구

이 지구는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 황해남도 청단군 해주만의 동편에 위치하며, 북쪽의 소정리 간촌에서 부터 해안을 따라 남쪽에 위치한 용매도 까지 이어지는 해안간척계획지구이다. 1987년 자료에 의하면 1.80km의 d₁ 방조제를 축조하고, 이어서 5.02km의 d₂, 0.35km의 d₃ 방조제를 축조하여

Table 6 Reclaimed area in Yongmaedo project

Symbols	Land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	1,062.4	before 1987
p2	paddy	22.4	"
p3	paddy	218.1	"
p4	paddy	371.2	before 1993
s1	salt pan	23.0	"
s2	salt pan	77.5	"
r1	reservoir	73.6	before 1987
r2	reservoir	23.4	before 1993
r3	reservoir	21.4	"
r4	reservoir	21.0	"
u1	paddy	23.5	before 1993
u2	-	557.4	"
a1	-	1,419.6	partial dike before 1987
a2	-	1,997.4	"
a3	-	1,306.5	"
total		7,218.4	
completed		1,937.5	for paddy, salt pan, reservoir
under const.		557.4	sea-dike constd.
proposed		4,723.5	planned

1,062ha의 논과 73.6ha의 담수호를 완공하였다. 이 지구를 용매도간척지구와 구분하여 반이도간척지구라 하기도 한다. 그리고 동편해안을 따라 4.28km의 d₇, 3.11km의 d₈, 3.36km의 d₈ 방조제를 연결하므로써 1,267.6ha의 간척지가 생겼다.

외곽방조제가 일부 진행된 간척예정지구로서는

약 1,420ha 규모의 a₁ 미완공 간척지구가 있으며, 이 지구와 기 개발된 지구 사이를 잇는 방조제로 둘러싸인 약 2,000ha 규모의 a₂ 지구와 약 1,300ha 크기의 a₃ 의 간척계획지구가 있다. 그러나 이들 외곽방조제들이 미완공 상태로 남아 있는 것을 1987년도 자료에서 확인되었으며, 1996년도의 위성자료에서도 아무런 진척이 없는 것으로 보아 개발이 중단된 상태로 보인다.

이 지구의 연대별 개발면적은 Table 6에서 보는 바와 같이 1996년 이전에 논, 염전, 저수지 등으로 기개발된 면적이 1,937.5ha에 이르며, 미완공 상태의 개담면적 557.4ha, 외곽방조제의 일부가 진행된 계획지구의 면적은 4,723.5ha가 되어, 총 구역면적은 7,218.4ha 로 추정된다.

나. 은률지구

이 지구는 황해남도 은율군과 과일군을 경계로 하는 해안에 위치하고 있다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 외곽방조제는 양천동지역의 해안으로부터 능금도를 연결하는 연장 1.83km의 d₁방조제를 축조하였고, 이어서 1.64km의 d₂, 0.31km의 d₃, 0.76km의 d₄ 를 연결하는 총연장 4.54km의 방조제가 완성되므로서 간척면적 2,883.4ha의 토지를 조성하였다.

1977년 자료에 의하면 양천동에서 능금도를 연결하는 1.83km의 d₁방조제만을 완성한 상태였으며, 그 후 1993년 자료에서는 웅도, 청양도 및 월포지 지역까지 방조제 공사가 완성되어 담수호와 미완

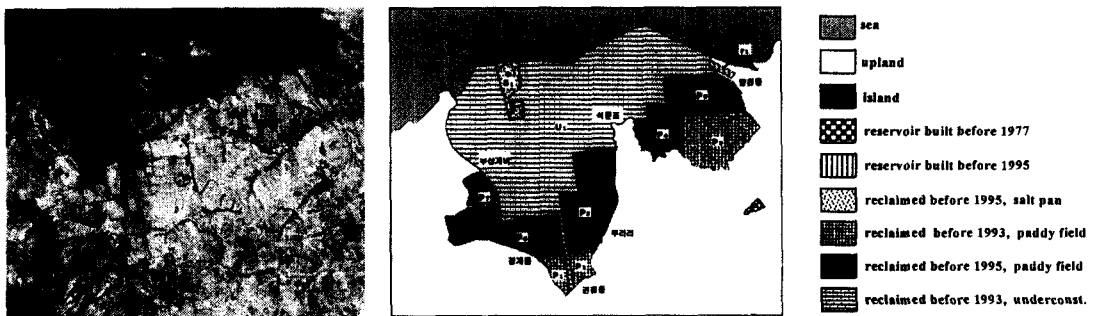


Fig. 3 Present land use & construction period in Eunryl tideland reclamation project

Table 7 Reclaimed area in Eunryul project

Symbols	Land use	Area (ha)	Const. period
p1	paddy	46.6	before 1993
p2	"	43.9	"
p3	"	213.7	before 1997
p4	"	106.1	"
p5	"	281.6	"
p6	"	250.1	"
p7	"	47.5	"
p8	"	195.3	"
s1	salt pan	62.7	"
r1	reservoir	10.9	"
u1	-	1,625.0	sea-dike competed
total		2,883.4	
completed		1,258.4	for paddy, salt pan, reservoir
under const.		1,625.0	

공간척지가 생겼으며, 상류에 염전과 논 등을 개발하였다.

Table 7에서 보는 바와 같이 1995년 이전에 개발된 논, 염전, 지구내 저수지의 면적이 1,258.4ha가 되며, 담수호를 포함한 미완공간척지의 면적은 1,625ha에 이른다. 간척지 개발의 경우 제염을 위하여는 담수호의 물을 이용하거나 상류에 저수지를 축조하여야하나 이 지구는 자체유역이 작아 용수원 개발이 용이하지 않을 것으로 판단된다.

다. 사현지구

이 지구는 황해남도 벽성군 황포만에 위치하고

있다. Fig. 4에서 보는 바와 같이 1987년도 이전에 룡호동 연안에 길이 0.98km의 d₁ 방조제를 축조하고 개담공사가 진행중이었으며, 1996년 이전에 25.9ha의 개담공사를 완공하여 석담천 하류에 있는 보에서 취수하여 관개를 하고 있었다. 같은 시기 남창동과 룡호리 부근에 3.58km 길이의 방조제 d₂를 축조하여 226.3ha의 논을 개발하였으며, 취야천 하구에 보를 막아 용수로 이용하고 있었다. 또한 하룡호동과 홍랑포 사이에 3.66km의 방조제 d₃를 축조하여 271.3ha의 논을 만들었고, 홍랑포 부근에 0.32km의 방조제 d₆를 축조하여 만수면적 37.8ha의 저수지 r₁을 완공하였다.

Table 8에서 보는 바와 같이 이 지구는 523.5ha를 개담하고 만수면적 37.8ha의 저수지를 갖춘 완공지구이다.

그러나 완공된 간척담 이외에도 비교적 잘 발달된 간사지와 상류에 구암저수지와 석담호의 관개 시설이 유역내에 위치하고 있어서 앞으로 간척사업이 확장될 가능성이 있는 지구이다.

Table 8 Reclaimed area in Sahyeon project

Symbols	Land use	Area (ha)	Const. period
p1	paddy	25.9	before 1996
p2	"	226.3	"
p3	"	271.3	"
r1	reservoir	37.8	"
total		561.3	

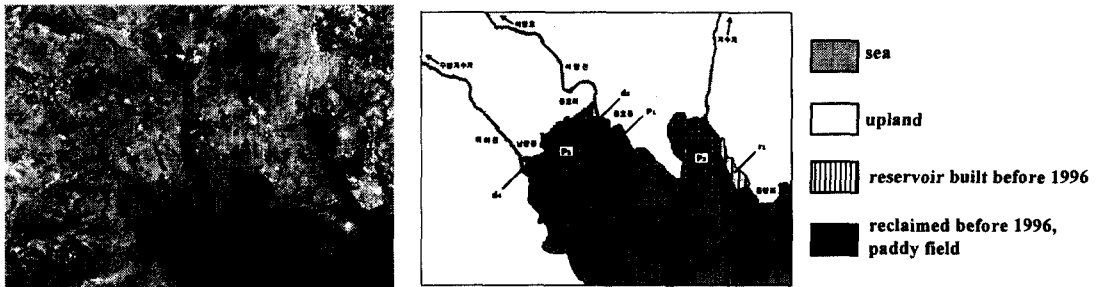


Fig. 4 Present land use & construction period in Sahyeon tideland reclamation project

라. 강령지구

이 지구는 황해도 웅진군 강령만에 위치하고 있다. 이 지구는 만조시 평균수심이 4.3m 정도로 비교적 얕다. Fig. 5에서 보는 바와 같이 리아스식 해안의 발달로 방조제 축조가 용이하고 내륙에 크고 작은 저수지 개발을 활발히 진행하여 간척답에

용수공급이 용이하기 때문에 비교적 간척사업 여건이 양호한 지구로 판단된다.

1987년 자료에 의하면 국양동 해안에서 솫돌산 해안으로 연장 0.93km의 방조제 d₁을 축조하여 총면적 5,017.5ha의 미완공 간척지가 생겼다. 그 후 미완공간척지 상류에 작은 규모의 방수제를 축조하여 크고 작은 개답공사를 진행하였으며, 이 개답지역과 미완공 간척지를 위한 소규모의 상류 저수지들을 완공하였다.

1993년 자료에 의하면 사구지에서 간도에 해안으로 연장 0.72km의 방조제 d₃을 축조하여 총면적 779.5ha의 간척예정지가 생겼으며, 상류에 논과 저수지를 축조한 상태이다.

Table 9에서와 같이 1996년 이전에 간척된 논과 염전, 담수호의 면적은 841.2 ha가 되며 방조제로 체결된 두 지구의 미완공 간척지의 면적은 5,967.1ha에 이른다.

마. 청태도지구

이 지구는 황해도 남안악군 대동강 하구에 위치하고 있으며, 남포갑문의 완성으로 조성된 대동강 하구호 주변에 위치한 간척사업지구이다. Fig. 6에서 보는 바와 같이 1977년 자료에서는 하요동 부근에 p₁의 개답구역의 위한 제방을 축조하여 공사가 진행중이었으며, 그 후 1995년 이전에 130.7ha의 논을 완공하였다. 이어 1995년 이전까지

Table 9 Reclaimed area in Gangryeong project

Symbols	land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	29.0	before1993
p2	"	46.4	"
p3	"	69.5	"
p4	"	114.8	"
s1	salt pan	68.1	before1987
r1	reservoir	47.2	"
r2	"	341.9	"
r3	"	17.3	"
r4	"	44.2	"
r5	"	32.7	"
r6	"	10.1	before 1993
r7	"	20.0	"
u1	-	41.1	sea-dike before 1987
u2	-	129.0	before 1996
e1	-	5,017.5	before 1987
e2	-	779.5	before 1993
total		6,808.3	
completed		841.2	for paddy, salt pan, reservoir
under const.		5,967.1	dike not closed

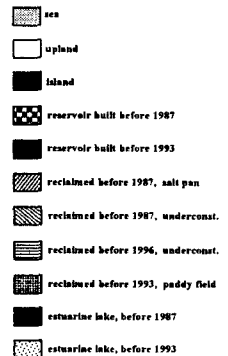
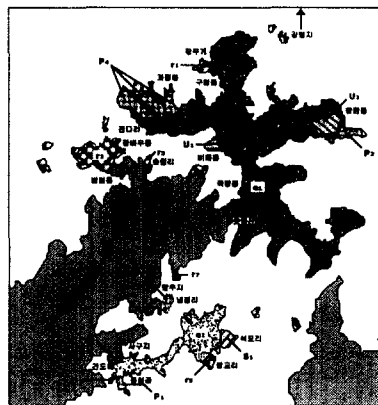


Fig. 5 Present land use & construction period in Gangryeong tideland reclamation project

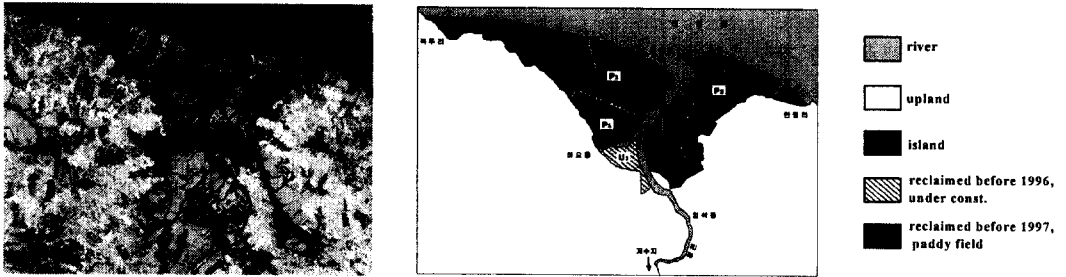


Fig. 6 Present land use & construction period in Cheongtaedo tideland reclamation project

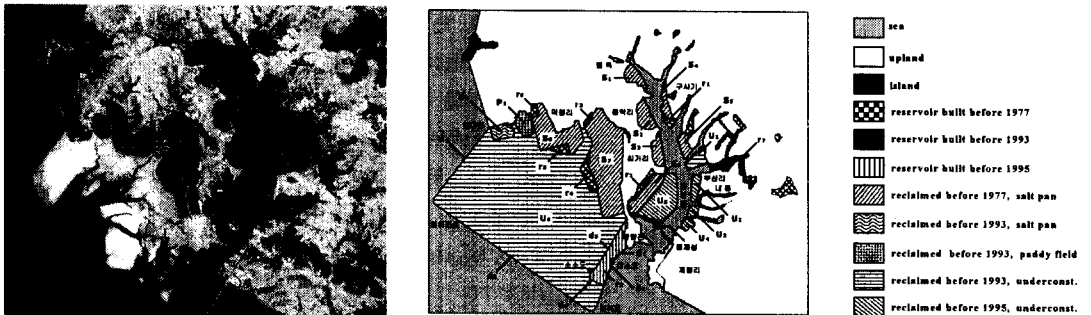


Fig. 7 Present land use & construction period in Kuemseong tideland reclamation project

Table 10 Reclaimed area in Cheongtaedo project

Symbol	Land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	130.7	before 1995
p2	"	570.6	"
p3	"	476.2	"
u1	uncompl. paddy	54.4	"
total		1,231.9	
completed		1,177.5	for paddy
under const.		54.4	

570.6ha의 p₂ 개답구역과 476.2ha의 p₃ 개답구역을 완공하였으나 u₁구역의 54.4ha는 개답공사가 진행 중이었다.

Table 10에서 보는 바와 같이 이 지구의 구역면적은 1,231.9ha로서 논으로 완공된 1,177.9 ha와 공사중인 54.4ha로 구성되어 있다. 이 지구의 관개용수는 대동강 하구호로 부터가 아닌 청천 상류에 있는 저수지로부터 공급받고 있다.

바. 금성지구

이 지구는 평안남도 용강군에 위치하고 있다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 1977년 자료에 의하면 광량만 좌우안에 담과 염전 등이 개발되어 있었다. 그후 1993년 자료에서는 광량진 해안에서 대소도까지 0.55km의 d₁, 결석도까지 2.23km의 d₂, 하취라도까지 8.04km의 d₃, 연대봉까지 3.91km의 d₄를 차례로 연결하는 총연장 14.73km의 방조제를 축조함으로써 3,234.3ha의 간척지가 생겼으며, 대동강 하구호와 광량진을 잇는 수로가 건설중이었다. 연대봉 부근에 염전(s₉, 55.3ha)과 논(p₁, 61.4ha)은 외곽 방조제 축조하기 전에 완공되었으며, 부산리에서 상부로 방조제를 축조해서 담수호(r₇, 73.9ha)를 완공하였다.

1995년 자료에 의하면 광량진에서 소소도까지 2.43km의 d₅와 0.33km의 외곽방조제 d₆를 축조하여 만수면적 134.9ha의 r₈ 담수호를 완공하였으며, 등계섬 상부(u₅, 188.5ha)와 내동과 재령리 사이에

Table 11 Reclaimed area in Geumseong project

Symbols	Land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	61.4	before1993
s1	salt pan	51.3	before1977
s2	"	67.9	"
s3	"	54.0	"
s4	"	38.6	"
s5	"	38.0	"
s6	"	100.6	"
s7	"	523.0	"
s8	"	235.1	"
s9	"	55.3	before 1993
r1	reservoir	12.5	before 1977
r2	"	31.4	"
r3	"	7.3	"
r4	"	48.3	"
r5	"	24.9	"
r6	"	14.5	"
r7	"	73.9	before 1993
r8	"	134.9	before 1995
u1	-	46.0	before 1993
u2	-	33.7	before 1995
u3	-	18.9	"
u4	-	17.9	"
u5	-	188.5	"
u6	-	3,234.3	before 1993
total		5,112.2	
completed		1,572.9	for paddy, salt pan, reservoir
under const.		3,539.3	

있는 3개 구역(u_2, u_3, u_4)에 방조제만 축조한 상태였으며, 외곽방조제 내측에서부터 개답공사가 진행 중이었다.

외곽방조제로 둘러싸인 미완공간척지구에는 대동강하구를 서해갑문으로 체절한 하구호에서 재령리와 등계섬을 거쳐 도수하여 충분한 용수를 사용할수 있다. 그러나 용수가 풍부함에도 불구하고 이 지구의 개발이 지연되고 있는 이유는 광량만을 횡단하는 잠관공사의 지연인지 아니면 양수장 건설과 전기부족이 원인인지 알 수가 없다.

Table 11에서 보는 바와 같이 1995년 이전에 간척된 논, 염전, 저수지로 개발한 면적은 1,572.9 ha가 되며 미완공 간척지의 면적은 3,539.3ha에 이른다.

사. 광산지구

이 지구는 평안북도 정주군에 위치하고 있다. Fig. 8에서 보는 바와 같이 외곽방조제는 온돌포에서 새우섬까지 연장 1.06km의 d_2 방조제를 축조하고, 새우섬에서 와도까지 1.60km의 d_3 , 와도에서 까마귀섬까지 2.42km의 d_4 , 묘도에서 까마귀섬까지 1.75km의 d_5 , 고미양에서 묘도까지 1.82km의 d_6 를 연결하는 총연장 8.65km의 방조제를 축조하므로서 간척면적 2,510ha의 토지를 조성하였다.

1977년 자료에서는 온돌포에서 새우섬을 연결하는 방조제를 축조했으며, 새우섬에서 와도를 연결

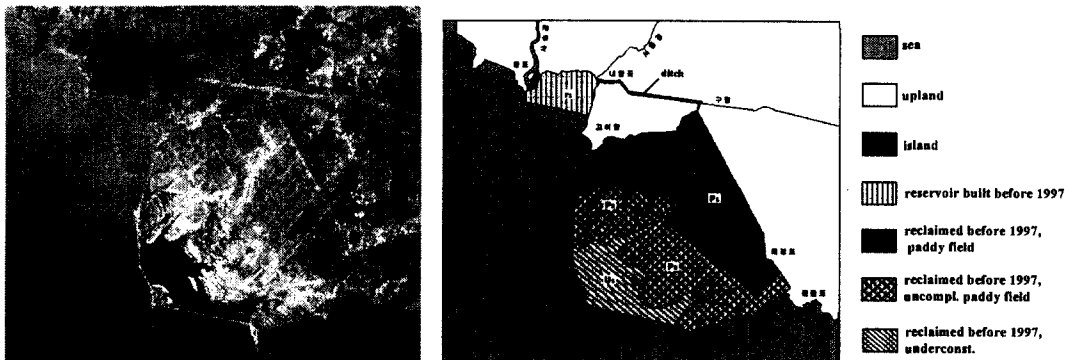


Fig. 8 Present land use & construction period in Gwaksan tideland reclamation project

Table 12 Reclaimed area in Gwaksan project

Symbol	Land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	1112.2	before 1997
p2	"	300.1	"
p3	"	660.7	"
r1	reservoir	179.9	"
u1	uncompl. paddy	437.0	"
total		2,689.9	
completed		2,252.9	for paddy and reservoir
under const.		437.0	

하는 방조제와 고미양에서 묘도를 연결하는 방조제의 축조공사가 진행중이었다. 또한 한포에서 고미양까지 1.81km의 d₁ 방수제를 축조하여 179.9ha의 논을 개발하였다.

1997년 이전까지 방조제 축조공사를 완공하고 1,112.2ha면적의 p₁ 구역의 개답공사를 완공하였으며, 묘도부근(p₂, 300.1ha)과 새우섬부근(p₃, 660.7ha)에서는 개답공사가 진행중이었다. 까마귀섬부근 간척지(u₁, 437.0ha)는 아직도 미완공지구로 남아 있다.

Table 12에서 보는 바와 같이 이 지구의 총 사업구역면적은 2,689.9ha로서 개발완료된 2,252.9ha와 437.0ha의 미완공지구로 구분된다. 이 지구에는 1997년 이전에 사송강과 서동강으로부터 하천수를 구암까지 도수하는 총연장 3.2km 길이의 도수로

에 의하여 용수를 공급받는다.

아. 대계도지구

이 지구는 평안북도 용천군과 철산군을 경계로 하는 해안에 위치하고 있다. Fig. 9에서 보는 바와 같이 육지부에서 대다사도까지 1.19km의 d₁ 방조제, 대다사도에서 가차섬까지 3.06km의 d₂, 이어서 소연동도까지 1.07km의 d₃, 대계도까지 8.36km의 d₄, 등곶동까지 0.85km의 d₅ 를 연결하는 총연장 14.53km의 방조제를 축조하므로써 간척면적 11,600 ha의 토지를 조성하였다.

1977년 이전에는 대사도 상부와 대사도에서 석동을 연결하는 제방을 축조하여 간척매립지 p₆의 760.1ha를 논으로 이용하고 있었다. 그리고 남성리에서 매미섬, 늘섬, 남송리를 연결하는 제방을 축조하여 p₁에서 p₅까지의 1,644.3ha의 논을 조성하였고, 다시 태북리에서 신곶동 사이에 제방을 축조해서 p₇의 190.8ha를 논으로 조성하였다.

1993년 자료에서는 1977년이후 계속적인 개답공사로 남성리부근에 1,202.1ha의 p₈과 대다사도 부근에 253.3ha의 p₉ 을 논으로 조성하였으며, 나머지 p₁₂, p₁₃구역은 개답공사가 진행중이었다. 당시 사지도 부근에 방조제를 축조하여 만수면적 70.8ha의 r₉ 해안저수지가 생겼다. 그후 새로운 간척지와 육지부 사이에 간척농지조성이 비교적 활발하게 이루어져 왔으며, 1997년 자료에의하면

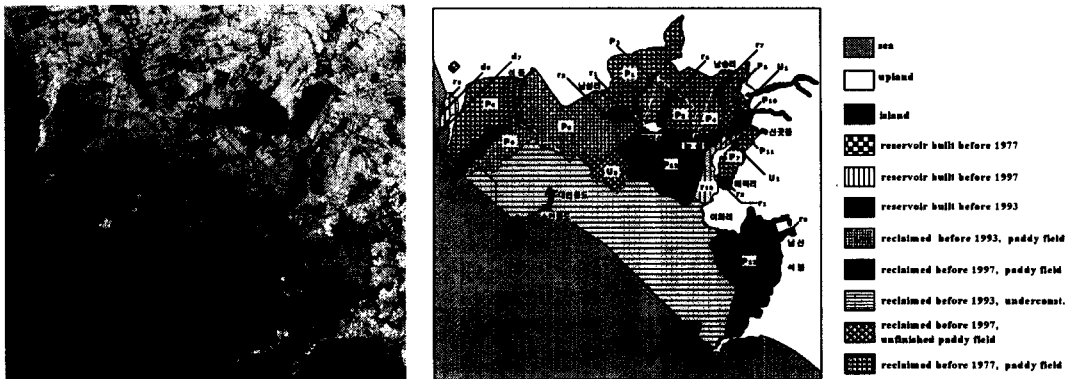


Fig. 9 Present land use & construction period in Daegyedo tideland reclamation project

Table 13 Reclaimed area in Daekyedo project

Symbol	Land use	Area(ha)	Const. period
p1	paddy	1,110.8	before 1977
p2	"	120.3	"
p3	"	177.8	"
p4	"	146.7	"
p5	"	88.7	"
p6	"	760.1	"
p7	"	190.8	"
p8	"	1,202.1	before 1993
p9	"	253.3	"
p10	"	37.8	before 1997
p11	"	42.1	"
p12	"	1,040.4	"
p13	"	1,087.2	"
u1	uncompl. paddy	26.3	"
u2	"	66.5	"
u3	"	259.1	"
u4		4,294.4	sea-dike completed
r1	reservoir	45.8	before 1977
r2	"	8.2	"
r3	"	24.8	before 1993
r4	"	180.5	"
r5	"	63.4	"
r6	"	78.1	"
r7	"	39.4	"
r8	"	17.6	"
r9	"	70.8	before 1997
r10	"	166.6	"
total		11,599.6	
completed		6,953.3	for paddy, reservoir
under const.		4,646.3	

1993년 이전부터 매립공사중이던 p₁₀(37.8ha), p₁₁(42.1ha), p₁₂(1,040.4 ha), p₁₃(1,087.2ha)구역이 개답공사가 완공되어 논으로 사용되고 있다. 그러나 새로운 간척지 u₁(26.3ha), u₂(66.5ha), u₃(259.1ha)지역은 1997년 현재 개답공사가 진행중이다.

Table 13에서 보는 바와 같이 이 지구의 구역면적은 11,599.6ha로서 개답이 되었거나 저수지로 개발된 면적은 6,953.3ha이며, 미완공 간척지 면적은 4,646.3ha에 이른다.

IV. 요약 및 결론

1994년도 『북한의 동향』이란 격월간지의 발표에 의하면 북한정부가 제3차 7개년계획(1987~1993)기간 중에 수행된 9개 간척사업지구의 간척개발 면적은 28,400ha라고 하였다. 이를 지구별 시대별 사업내용과 현재의 토지이용현황을 확인하기 위하여 북한 서해안에 위치한 8개 지구에 대하여 발행년도가 다른 지형도와 최근에 수집된 인공위성 화상자료를 이용하여 원격탐사를 실시하였다. 위성화상자료는 Landsat TM과 SPOT PN데이터를 이용하였으며, IHS방법에 의한 합성화상을 만들어 사용하였다.

조사대상지구에 대하여 연대별 방조제 축조, 개답, 용수원으로서의 저수지 및 담수호, 토지이용별 면적 등을 조사하였다. 이들 지구별 면적현황은 Table 14에서 보는 바와 같이 개발면적으로 발표된 27,100ha 보다 많은 38,105ha에 이른다. 이 중에는 이미 담, 저수지, 염전 등으로 개발된 면적이 16,555ha이며, 미완공 간척지면적이 16,826ha로 나타났다. 일부 방조제의 공사가 중단되어 있으나 이미 계획된 지구로 판단되는 면적은 4,724ha에 이른다.

북한의 간척지개발형태는 외곽방조제가 완성되면 상류나 내지구에 소규모 저수지를 축조하고 그 하류에 개답을 하는 형태이다. 이는 저수지에서 개답지구에 내리흐림식관개방법을 채용하기 때문으로 우리가 담수호에서 양수관개를 하는 형태와는 다른 방법이다.

발표된 개발면적과 이번 조사에서 나타난 면적의 차이는 1987년 이전에 완공된 면적이 포함되었거나 지구와 인접된 상류에 축조된 일부 저수지면적이 포함된 것으로 판단된다. 결여된 연도별 중간자료를 추가하고 해상도가 더 양호한 화상자료를 사용한다면 더욱 상세한 정보수집이 가능할 것으로 판단된다.

Table 14 Reported and investigated reclamation works

Projects	Investigated area (ha)	Remarks	
Yongmaedo	completed	1,937.5	sea-dike closed partial sea-dike seen
	under const.	557.4	
	proposed	4,723.5	
	sub-total	7,218.4	
Enryul	completed	1,258.4	sea-dike completed
	under const.	1,625.0	
	sub-total	2,883.4	
Sahyeon	completed	561.3	including reservoir(37.8ha)
Gangryeong	completed	841.2	gate not closed
	under const.	5,967.1	
	sub-total	6,808.3	
Cheongtaedo	completed	1,177.5	nampo gate closed
	under const.	54.4	
	sub-total	1,231.9	
Geumseong	completed	1,572.9	sea-dike closed
	under const.	3,539.3	
	sub-total	5,112.2	
Gwaksan	completed	2,252.9	sea-dike closed
	under const.	437.0	
	sub-total	2,689.9	
Daekyedo	completed	6,953.3	sea-dike closed
	under const.	4,646.3	
	sub-total	11,599.6	
Total	completed	16,555.0	
	under const.	16,826.5	
	proposed	4,723.5	
	total	38,105.0	

이 논문은 1988년 한국학술진흥재단의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

참 고 문 헌

1. 광재하, 최철웅, 강인준, 박성재, 1995. IHS 변환을 이용한 칼라지도영상의 제작과 이용, 1995년도 학술발표회 논문집(Ⅲ), 대한토목학회, 129-132.
2. 근세 한국 오만분의일 지도, 1982, 경인출판사

3. 손덕재, 이종훈, 1991. 색변환과 영상개선기법을 이용한 SPOT P-mode와 XS-mode 영상합성, 한국측지학회지, 9(2):103-113.
4. 안기원, 1989. 인공위성 화상데이터를 이용한 진주시의 토지이용분류, 경상대학교 생산기술연구소논문집, 5:105-111
5. 육군지도창, 군사지도, 1993, 국방부
6. 전병호, 1996. 북한의 수자원현황과 농업용수개발현황, 북한 농업생산기반 연구발표회, 농진공 농어촌구조연구소, pp.20-27.
7. 최근 북한 오만분의일 지도, 1997, 경인출판사
8. Albert L. Zobrist, Nevin A. Bryant, Ronald G. Mcleod, 1983, "Technology for large digital mosaics of Landsat data", PE & RS, 49(9):1325-1335
9. Carper, W.J., T.M. Lillesand, and R.W. Kiefer, 1990. The use of intensity-hue-saturation transformations for merging SPOT panchromatic and multi-spectral image data, PE & RS, 56(4):459-467.
10. Chavez, P.S. Jr. and J.A. Bowell, 1988. Comparison of the spectral information content of Landsat Thematic Mapper and SPOT for three different sites in the Phoenix, Arizona region, PE & RS, 54(12):1699-1708.
11. Chavez, P.S. Jr., S.C. Sides, and J.A. Anderson, 1991. Comparison of three different methods to merge multiresolution and multispectral data : Landsat TM and SPOT panchromatic, PE & RS, 57(3):295-303.
12. Foschi, P.G., Smith, D. K., 1997. Detecting subpixel woody vegetation in digital imagery using two artificial intelligence approaches, PE&RS, 63(5), 493-500.