



점진적 개발 단계를 고려한 새만금 복합곡물단지의 동태적 마스터플랜 수립

Dynamic Masterplan of the Saemangeum Grain Complex for Progressive Development

정찬훈* · 김찬우* · 김솔희** · 박진선*** · 서동욱**** · 서 교*****†

Jung, Chanhoon · Kim, Chanwoo · Kim, Solhee · Park, Jinseon · Seo, Donguk · Suh, Kyo

Abstract

The grain complex of Saemangeum is created for promoting the foundation of agriculture combined the global competitiveness. However, the masterplan is being also revised with changing of local conditions and social needs. Thus, the dynamic masterplan is needed to consider the change of time for Saemangeum project. The present study was made to set up the dynamic masterplan of Saemangeum grain complex for handling the change such as project progress, local environment, and project conditions flexibly. In this study, the dynamic masterplan for the progressive development of water supply, farmland composition, and introduction facilities is presented to the 6-2 zone in three stages. We believed that the water supply would be possible through the pumping and desalination facilities with the development stages. The farmland composition proceeded for each complex with reclamation, soil preparation, and soft soil processing. And it is planned to carry out crop cultivation from the complex where the construction is completed first. The introduction facilities were analyzed focusing on the silos and forage loading facilities, and the optimal location of them was selected using road and accessibility. The concept of dynamic masterplan may provide the direction for the planning and progress of reclamation project.

Keywords: Saemangeum; grain complex; dynamic masterplan; progressive development

1. 서 론

간척은 농지가 부족한 국가들이 방조제와 수문 등을 이용하여 토지를 확장하기 위한 대표적인 방법이다 (Lie et al., 2008; Lee et al., 2016). 하지만 간척지 조성 과정에 문제가 생길 경우 발생할 수 있는 환경적, 사회적, 경제적 문제를 방지하기 위해 많은 시간과 비용이 소비되고 있다 (Krishnamoorthy et al., 2005). 또한 간척지는 특성상 작물재배를 위해 매립과 제염, 그리고 지하수위에 대한 고려가 추가적으로 이루어져야한다 (Son et al., 2015). 이는 단기에 특별한 공법을 투여하여 처리할 수 있는 문제가 아니며, 장기적 관점으로 제염의 진행 방안과

지하수위 저하 방안, 그리고 지력의 증진을 위한 지속적인 관리가 필요하다. 우리나라도 산업화, 도시화에 따라 농경지의 면적이 감소하고 있는 상황에서 토지수요를 충족시키기 위해 새만금 간척지 사업을 진행하였다 (Pyo and Chang, 1995; Koo et al., 1998).

대규모 간척지 조성사업인 새만금 사업은 제체공사, 매립, 제염 등의 사업과정을 포함하고 있으며, 1991년 새만금 제 1 공구의 외곽방조제 공사를 시작으로 사업이 시작되었고 2018년 현재 공사가 진행 중에 있다 (Chun, 2003). 당초 새만금 마스터플랜 상에는 모든 지구가 시기에 따라 전작과 답작을 병행할 수 있는 범용화 농지 구성이 기본 방침이었다 (Son et al., 2009). 하지만 이후 국내외 여건 변화로 인해 전체 용지를 농지로 사용하려던 계획은 다양한 사회적·정치적 요구에 따라 산업·연구용지, 국제협력용지, 관광·레저용지, 농생명용지, 배후도시용지, 그리고 환경·생태용지로 나누어 개발하고 있다 (Kim et al., 2014; Seo et al., 2017). 그 중 농생명용지는 글로벌 경쟁력을 갖춘 첨단기술 및 고품질 수출농업 육성을 위해 친환경·고품질 농산업기반과 농촌 생태관광 인프라 구축을 목표로 하고 있다. 이에 따라 생산, 경영, 유통, 물류에 이르는 농산업 전반에 대한 차별화된 브랜드를 추구하기 위해 여러 번의 보완 및 수정작업을 거친 마스터플랜이 작성되었다 (Seo and Son, 2014).

새만금 농생명용지는 마스터플랜의 보완 및 수정에 따라

* Graduate School of International Agricultural Technology, Seoul National University

** Institute of Green Bio Science Technology, Seoul National University

*** College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University

**** Rural Research Institute, Korea Rural Community Corporation

***** Graduate School of International Agricultural Technology, Institute of Green Bio Science & Technology, Seoul National University

† Corresponding author

Tel.: +82-33-339-5810 Fax: +82-33-339-5838

E-mail: kyosuh@snu.ac.kr

Received: March 26, 2018

Revised: May 8, 2018

Accepted: May 10, 2018

개발 방향 및 계획이 변경되었다. 새만금 간척용지의 초기 토지이용계획은 100 % 농업 생산 지역으로 개발할 계획이었으며, 농업식량생산기지를 조성하는 것이 목적이었다. 이후 2007년에 변경된 토지이용계획에서는 농업과 산업단지의 결합으로 이루어진 복합 용지로 개발 구상이 변경되어 농업용지 71.6 %로 계획되었다. 2008년에는 산업단지 외에도 관광, 정주, 환경 등 다양한 목적을 추구함에 따라 농업용지의 비중이 30.3 %로 감소하였다 (Choi, 2008). 변경된 계획을 바탕으로 간척지 토양의 제염 축진 및 재염화 방지에 대한 대책 (Seo, 2011) 등을 내어놓으며 새만금 농생명용지에 대한 마스터플랜의 변화를 가져왔다. 하지만 마스터플랜은 새만금 토지이용계획이 변경됨에 따라 함께 변경되기 때문에 농생명용지에 하나의 마스터플랜을 수립하여 적용하기에는 어려움이 존재한다.

새만금 농생명용지는 대단위 농생명용지가 집적된 형태로, 내부 개발에 상당한 시간이 소요되고 막대한 자본의 투입이 요구되어 동시에 모든 사업을 추진하는 것은 한계가 있다. 이에 따라 새만금 농생명용지 개발은 간척지가 갖는 내생적 문제점과 대단위 농생명용지라는 특수성 등을 고려하여 동태적 마스터플랜 수립이 요구되며, 시간의 흐름을 고려한 점진적 개발 단계 수립이 필요할 것으로 판단된다. 따라서 대규모 간척지인 새만금의 사업추진을 위해서는 시대와 시간의 변화를 고려한 점진적인 마스터플랜 수립방안에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 새만금 농생명용지를 대상으로 장기간 진행되는 간척사업의 특성을 고려하여 사업진행경과와 주변 환경, 사업여건 등의 변화에 유연하게 대처할 수 있는 새만금 농생명용지의 동태적 마스터플랜을 수립하고자 하였다. 이를 위해 단계별 조성 전략이 가장 요구되는 6-2공구 (641 ha)를 대상으로 용수공급, 영농기반조성, 그리고 도입시설의 점진적 개발에 대한 방안을 제시하고자 하였다.

II. 연구자료 및 방법

1. 연구 대상 지역

새만금 첨단복합농업단지는 새만금 농생명용지 8,570 ha 중에서 약 42 %를 차지하는 3,629 ha에 해당하는 대규모 농업단지로서, 공구별 배치도는 Fig. 1과 같다. 새만금 첨단복합농업단지는 식량생산을 기본 목표로 삼고 있다. 하지만 쌀 생산량은 꾸준히 증가하고 소비량은 지속적으로 감소하는 추세에 있기 때문에 새만금과 같은 대단위 농경지에서 쌀 생산은 곡물 시장의 혼란을 가중시킬 것으로 판단하여 본 연구에서는 미래수요 대응개발로 농지범용화 추진 중인 2, 3공구를 제외

하고 그 외의 지구 3,629 ha에 대해 조사료 및 수출 의존성이 높은 작물을 재배하도록 계획 하였다.

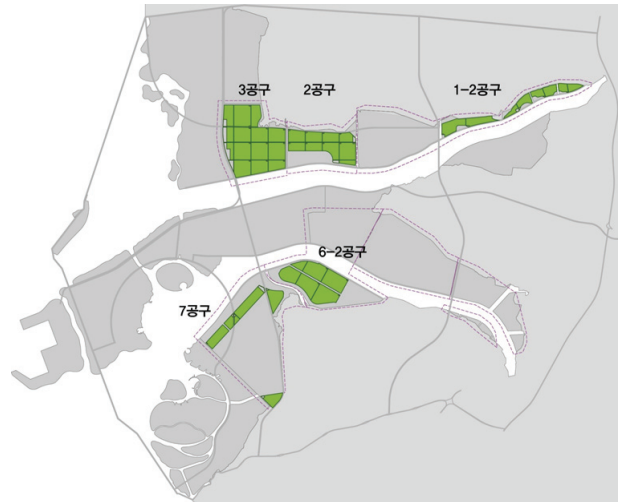


Fig. 1 The multi-functional agricultural area locations by zone

2. 작부체계

새만금 첨단복합농업단지에서는 미곡을 제외한 수입의존도가 큰 기타 곡물과 조사료 등의 작부체계를 Woo et al. (2011)의 자료를 바탕으로 작성하였다. 새만금 지역의 기후와 작물의 생육적정환경을 고려하여 재배 가능한 작물은 옥수수, 조사료, 이탈리아라이그라스 (IRG), 트리트케일, 호밀 등으로 선정하였다.

2015년 기준 국내 사료 자급률은 81 %를 기록했지만, 생산성이 낮고 농가선택도가 낮은 벼짚이 사료 생산량 중 약 45 %의 비중을 차지하고 있다 (MAFRA, 2016). 따라서 제시한 작부체계를 통해 축산물 품질향상과 축산농가의 경제적 부담을 줄이고 조사료 생산기반 확충사업을 지속적으로 수행하고자 하였다. 밀, 맥주보리와 같은 곡물은 국내 소비량은 지속적으로 증가하나 농가운영규모가 영세하여 가격경쟁력 확보가 어려운 작물에 대해 가격 경쟁력 제고방안과 생산 후 안정적 공급처 확보가 필요한 실정이다. 이와 같은 곡물 및 조사료 재배는 수입의존도를 낮춰 국제적 변화에 유연하게 대처할 수 있는 바탕을 마련하고 작물의 가공 및 상품화는 부가 가치를 창출하여 농가소득 증대 및 새만금과 지역 이미지 개선에 기여할 수 있어 이들을 고려하여 작부체계를 구성하였다.

구상한 작부체계를 통해 새만금 첨단복합농업단지에서 재배한 작물을 국내 시장에서 소비하는 방안을 제시하여 수입 대체효과를 살펴보고자 하였다. 또한 이는 규모화 및 기계화 경작을 통한 생산비 절감으로 저렴하면서도 양질의 조사료를 공급하여 축산농가의 부담을 덜고 축산시장에 활력을 제공할

것으로 판단되었다.

3. 용수 공급 계획

새만금 6-2공구의 농지에 대한 용수공급은 면적 641 ha 중 도로와 용배수로 등 농업용수를 필요로 하지 않는 면적 157 ha를 제외한 484 ha를 대상으로 용수 공급 체계를 구성하였다. 또한 농생명용지에서 작부체계를 바탕으로 작물을 재배하고 농지 조성의 계획을 고려하여 용수 공급을 단계별로 제시하고자 하였다. 용수 수요량은 한발기준 10년 빈도 필요수량, 다목적 용수량, 재염화방지용수량으로 구분되었고 수자원장기종합계획 (MOLIT, 2011)과 농업생산기반 정비사업계획 설계기준 관개편 (MAFRA, 1998)의 기준에 따라 산정하였다.

4. 도입 시설 계획

새만금 첨단복합농업단지 단계별 개발 과정에서 필요한 곡물 건조저장시설과 조사료 적재시설을 단계별 단지별 재배작물을 바탕으로 계획하였다. Table 1은 단계별 단지별 재배작물을 나타낸다.

6-2공구의 식량생산단지에서 곡물재배는 1단계 1단지 (6구역)에 맥주보리와 호밀, 2단계에서는 1단지와 동시에 2단지

(2, 3, 5구역)에 맥주보리와 호밀, 3단계에서는 모든 단지에서 맥주보리와 호밀을 재배하는 것으로 가정하였다. 단위면적당 생산량은 맥주보리의 경우 2014년 기준 10 a당 376 kg (RDA, 2015), 호밀은 2014년 기준 10 a당 326 kg (Korea Statistics, 2015)으로 설정하였다. 곡물 건조저장시설의 도입 계획을 위한 단위면적당 생산량과 수율을 고려한 총 곡물 생산량은 Table 2와 같다.

조사료 단위면적당 생산량은 Kim et al. (2014)의 자료를 바탕으로, 사료용 옥수수의 경우 572 kg 롤이 47 개/ha, 총채벼의 경우 400 kg 롤이 110 개/ha, IRG의 경우 546 kg 롤이 30 개/ha, 월동귀리는 600 kg 롤이 32 개/ha가 생산된다고 가정하였다. 조사료 적재시설 도입 계획을 위한 단위면적당 생산량과 수율을 고려한 총 조사료 생산량은 Table 3과 같다. 조사료 적재에 필요한 면적을 추정하기 위해 조사료 롤 평균 크기를 지름 1.2 m×높이 1.25 m로 가정했고, 구역별 필요 면적은 조사료 롤을 3층 5열 적재한다는 가정 하에 추산하였다.

III. 결과 및 고찰

새만금 개발의 동태적 마스터플랜 수립을 위해 용수공급,

Table 1 Potential crops for the developing stages in each district by watershed

Water-shed	District	Stage 1			Stage 2		Stage 3	
		Grain	Forage 1	Forage 2	Grain	Forage	Grain	Forage
1	3	-	-	-	-	IR, WR	MB, RY	CR, WR
2	2	-	CR, WR	IR, WO	MB, RY	CR, WR	MB, RY	CR, WR
3	2	-	CR, WR	IR, WO	MB, RY	CR, WR	MB, RY	CR, WR
4	3	-	-	-	-	IR, WO	MB, RY	CR, WR
5	2	-	CR, WR	IR, WO	MB, RY	CR, WR	MB, RY	CR, WR
6	1	MB, RY	CR	-	MB, RY	CR, SB	MB, RY	CR, SB

MB: Malting Barley; RY: Rye; CR: Corn; WR: Whole Crop Rice; WO: Winter Oat; IR: Italian Ryegrass; SB: Soybean

Table 2 Total grain production per ha by annual yields

Watershed	District	Area (ha)	Stage 1	Stage 2	Stage 3
			MB+RY (ton)	MB+RY (ton)	MB+RY (ton)
1	3	44.6	-	-	78
2	2	119.2	-	293	293
3	2	140.2	-	344	344
4	3	106.1	-	-	186
5	2	113.0	-	278	278
6	1	133.5	328	422	422
Total		656.6	328	1,337	1,601

MB: Malting Barley; RY: Rye

Table 3 Total forage production per ha by annual yields

Watershed	District	Area (ha)	Stage 1 (rolls)		Stage 2 (rolls)	Stage 3 (rolls)
1	3	44.6	-	-	692	1,626
2	2	119.2	4,346	1,850	6,085	6,085
3	2	140.2	5,112	2,176	7,157	7,157
4	3	106.1	-	-	1,647	3,869
5	2	113.0	4,120	1,754	5,768	5,768
6	1	133.5	4,392	-	3,026	3,026
Total		656.6	17,970	5,780	24,375	27,531

Table 4 Water demands for crop cultivation

Observatory	Water Demands				Unit Water Requirement (1,000 m ³ /ha/year)
	Water Demand of 10 Year Return Period Drought (mm)	Multipurpose Water Demand (mm)	Water Demands for Resalinization Control (mm)	Total	
Buan	421.3	67	42.13	530.43	5.3043
Gunsan	435.3	67	43.53	545.83	5.4583

영농기반조성, 그리고 도입시설의 점진적 개발 방안을 도출하였다.

1. 새만금 농생명용지 단계별 용수공급 방안

새만금 농생명용지의 용수공급 방안은 영농기반조성 개발 단계에 따른 계획에 맞추어 수립하였다. 영농기반조성 1단계와 2단계에서는 단지1과 단지2에 양수를 통한 용수공급 방안을 제시했고, 3단계에서는 단지1에 양수와 기수담수화 설비를 통한 용수공급이 가능할 것으로 판단하였다. 작물 생산을 위한 용수 수요량은 밭 용수 수요량, 재염화방지용수량, 그리고 다목적용수량으로 나누어 Table 4와 같이 산정하였다.

2. 새만금 농생명용지 단계별 영농기반조성 방안

식량생산단지의 조성 및 활용은 작물 재배에 원 지반을 이용해야하기 때문에 제염과 지력증진에 대한 대책 마련이 필수적이다. 또한 농업의 기계화, 규모화를 지향하고 기술력의 집적을 통한 효율적 농업 소득향상, 농업 경쟁력 강화를 목표로 삼기 때문에 농기계 이용의 효율성, 강우제염의 정도, 배수의 용이성 등을 고려하여 단계별 개발 방안을 수립하였다. 새만금 농생명용지는 간척지의 특성상 내부 개발 완료와 동시에 경작이 용이하지 않으며 대규모 구획으로 경지정리가 이루어지므로 순차적 개발과 임대방식 등을 통한 점진적 운영이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 용지의 해수면 위로 노출된 기간, 지반고, 현재 토양의 염분특성 등을 고려하여 새만금 농생명용지 6-2공구의 단계별 개발 방안을 제안하였다. 평

균 지반고는 3구역이 가장 높은 것으로 나타났으나 해수면 위로 드러나므로, 면적의 비율 및 전체 지형이 6구역의 개발을 최우선으로 두는 것이 합리적일 것으로 판단하였다.

가. 영농기반조성 1단계

6-2공구의 1단계 매립을 통한 저지대 지반고 상승기 개발 방안은 Table 5와 같다. 단지1의 면적은 273.7 ha로 타 단지에 비해 지반고가 높고 육지로 드러난 시간이 길어 별도의 매립 공사가 필요치 않다. 또한 정지 사업에 있어서도 외부 토사 유입 없이 단지 내 시공이 가능할 것으로 판단되었다. 따라서 단지1은 1단계 개발과정에서 주로 수행될 매립사업을 거치지 않고 정지작업을 바로 도입한다. 세부 토공량의 산정에 따라 단지를 여러 개의 구획으로 분할하여 내부 토사 이동으로 단지 내 정지사업이 가능할 것으로 판단되었다. 타 지구의 매립 및 기타 사업이 진행되는 동안 단지1의 사업이 먼저 시행되면 동절기 작물로 호밀 등 녹비작물을 재배하여 본격적인 작물 재배 전 지력증진에 기여할 수 있을 것으로 분석되었다.

1단계 개발단계에서 단지2는 매립사업이 요구되지만 단지3에 비해 조기에 완료될 것으로 판단되고, 정지사업을 시행하기까지 다소 지연될 수 있는 조건으로 매립사업 후 비산 및 먼지의 이동을 방지할 수 있도록 염생식물 및 조사료 등을 식재하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.

단지3은 공구의 말단 지역으로, 동진강과 만나고 단지 내 환경 용지와 인접하는 지역이다. 하지만 이곳은 지대가 낮기 때문에 방수제 축조 후에도 여전히 지하수위가 높아 방수제

내부 수위를 낮추고 지반고 상승을 위해 매립사업을 시행해야 할 것으로 분석되었다.

6-2공구에 공급 될 농업용수는 원활한 작물재배를 위한 수질기준이 중요하다. 하지만 인근에 위치한 수원인 계화 조류지 및 청호저수지의 공급 가능한 잉여 수량이 없는 것으로 조사되었다. 또한 섬진강 댐에서 조달할 수 있는 용수량도 기존 협약 범위 내에서만 가능하여 단계가 진행될수록 원활한 용수공급에 차질을 빚을 수 있다.

나. 영농기반조성 2단계

새만금 첨단농업단지 2단계 개발계획은 농생명용지 정지 및 공구 특성에 부합하는 연약지반안정화 공법을 채택하였고, Table 6과 같다. 1단계에서 육지화 된 단지를 먼저 개발하고 매립을 통한 저지대 성토를 통해 1차 정지작업이 완료된 후, 단지 내 토사의 이동을 통해 전체 지면을 고르게 작업하는 2차 정지작업을 수행한다. 단지1은 생산수율을 증가시키고 토양의 물리적 및 이화학적 특성을 개선시킬 목적으로 콩과 식물, 그리고 호밀과 같은 녹비 작물을 재배하여 지력을 증진

시키고 토양 내 염분 농도 또한 조절할 수 있도록 한다.

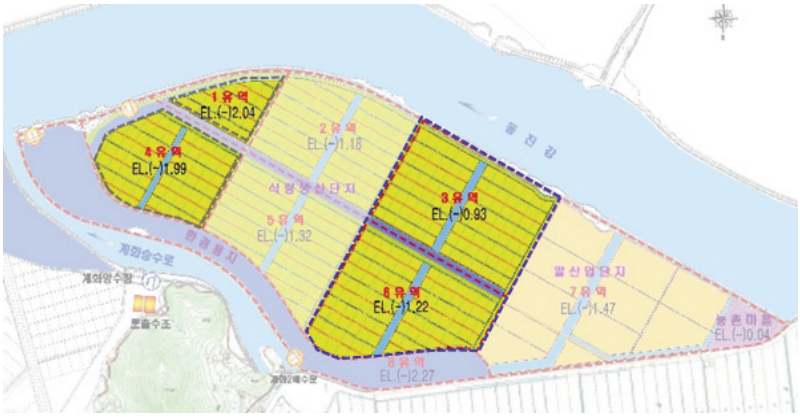
단지1의 지력증진 기간에 단지2는 2차 정지사업이 진행되어야 할 것으로 판단되었다. 2차 정지작업의 진행에 따라 녹비작물 및 조사료의 재배면적이 확대되어 단지2는 간척지의 농생명용지로서 활용성을 가속화할 수 있을 것으로 분석되었다.

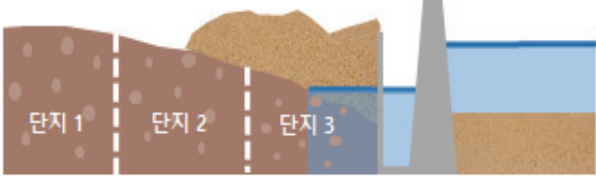
단지3은 내부 환경용지 준설토를 이용해 성토하여 육지화가 진행되고, 2단계 개발에서는 매립토의 안정화와 연약지반 처리를 위한 사업 진행이 필요하다.

다. 영농기반조성 3단계

새만금 첨단복합농업단지 개발 3단계에서는 Table 7과 같이, 공구 전 구역의 내부 개발이 완료되는 시기로 단지1과 단지2의 생산효율이 개선될 것으로 전망된다. 단지3의 경우 외부 토사유입과 내부 호수의 준설토를 이용한 연약지반안정화 및 정지작업으로 원지반에 비해 토양염분 농도가 상대적으로 낮을 것으로 판단된다. 따라서 단지3의 생산효율이 단지1과 단지2의 초기 재배상태보다 높을 것으로 사료된다. 단지1의 경우 옥수수, 콩, 맥주보리, 호밀 등의 조합으로 하계 및 동계

Table 5 Stage 1: Transforming stage for elevating lowland to farmland through landfill





- Stage 1 for farming is to elevate lowlands to farmland through landfill.
- Halophytes are planted to prevent scattering and dust movement after landfill.

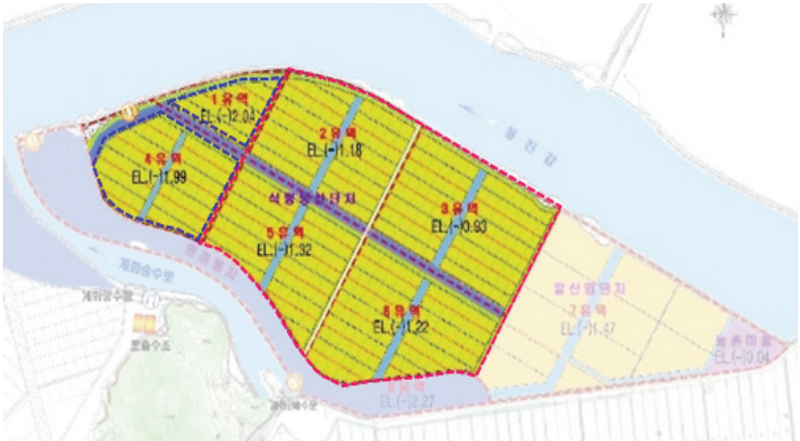
Item	District 1	District 2	District 3	Details
Area	Watershed 3: 140,2ha Watershed 6: 133,5ha	Watershed 5: 113,0ha Watershed 2: 119,2ha	Watershed 1: 44,6ha Watershed 4: 106,1ha	• Implementation of separate projects in areas exposed as land.
Project	Second soil preparation project	-	First soil preparation project through reclamation	• Implementation of reclamation and soil preparation.
Desalinization Level	4.0-2.0ds/m	8.0-4.0ds/m	-	• The difference of salinity between the base land and landfill.

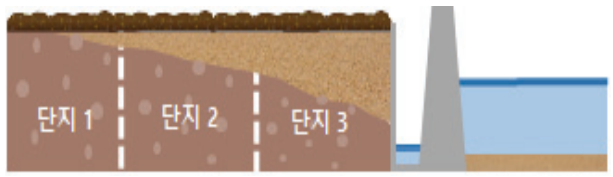
Item	District 1	District 2	District 3	Details
Water Demand	Pumping	Pumping	–	<ul style="list-style-type: none"> Water supply from Gyehwa pumping station,
Arable Crops	–	Italian ryegrass, bermuda grass, rye, hairy vetch etc.	Italian ryegrass, bermuda grass, rye, hairy vetch etc.	<ul style="list-style-type: none"> District 1 has low salt concentration as a long period of land,
Selected Crops	–	Halophytes and forage	Halophytes and forage	<ul style="list-style-type: none"> Halophytes such as <i>Salicornia europaea</i> L., <i>suaeda japonica</i>, <i>suaeda asparagoides</i>, When growing the forage, the soil fertility can be improved in spite of the yield is low,

Table 6 Stage 2: Stabilizing stage for preparing field conditions and soft foundation stability

			<ul style="list-style-type: none"> In Stage 2, the soil preparation project is carried out from the foundation after completing all the landfill processes. Green manure crops and forage are cultivated in the districts after the completion of landfill projects for desalinization and enhancement of soil properties. 	
Item	District 1	District 2	District 3	Details
Area	Watershed 3: 140.2ha Watershed 6: 133.5ha	Watershed 5: 113.0ha Watershed 2: 119.2ha	Watershed 1: 44.6ha Watershed 4: 106.1ha	<ul style="list-style-type: none"> Conducting separate projects according to the areas exposed by land,
Project	Green manure crops and forage	Green manure crops and forage	Second soil preparation project	<ul style="list-style-type: none"> Concentrating on the soil preparation and enhancement of soil fertility projects,
Desalinization Level	Less than 2ds/m	4.0–2.0ds/m	8.0–4.0ds/m	–
Water Demand	Pumping	Pumping	–	<ul style="list-style-type: none"> Low water demands by selected crop characteristics,
Arable Crops	Italian ryegrass, bermuda grass, rye, hairy vetch etc.	Italian ryegrass, bermuda grass, rye, hairy vetch etc.	Halophytes and forage	<ul style="list-style-type: none"> District 3 planted the crops for preventing scattering and dust movement without considering the yield,
Selected Crops	Malting barley, rye, hairy vetch, Italian ryegrass	–	Halophytes (<i>Salicornia europaea</i> L., <i>suaeda japonica</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Malting barley and rye are strong against soil salinity,

Table 7 Stage 3: Cultivating stage for upgrading soil quality and growing crops





- Green manure crops are cultivated for enhancement of soil fertility, and constant crop growth encourage higher yields.
- In Stage 3, the soil preparation project is completed, and crop cultivation will be carried out from District 1 which has completed soil preparation and fertility first.

Item	District 1	District 2	District 3	Details
Area	Watershed 3: 140,2ha Watershed 6: 133,5ha	Watershed 5: 113,0ha Watershed 2: 119,2ha	Watershed 1: 44,6ha Watershed 4: 106,1ha	—
Project	Establishment of internal infrastructure	Establishment of internal infrastructure	Establishment of internal infrastructure	• Installation of facilities related to storage, processing, transportation etc.
Desalinization Level	Less than 2ds/m	4.0–2.0ds/m	Less than 2ds/m	—
Water Demand	Pumping, brackish water desalination	Pumping	—	• In District 1, brackish water desalination facilities are used for the shortage of water pumping.
Arable Crops	Garlic, onion, carrot, cabbage, squash, cabbage etc.	Corn, peanut, soybean, spinach, asparagus, rye etc.	Italian ryegrass, alfalfa, bermuda grass etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Garlic and onion in District 1 can be double cropping as winter crops. • Malting barley and rye in District 2 can be double cropping as winter crops.
Selected Crops	Corn + Soybean, Malting barley + Rye	Corn + Whole crop rice, Malting barley + Rye	Corn + Whole crop rice, Malting barley + Rye	• It is expected to increase production efficiency due to low salinity in Stage 3.

이모작 작부체계를 구상할 수 있을 것으로 예상된다.

3. 새만금 농생명용지 단계별 도입시설 방안

생산 가능한 곡물과 조사료를 바탕으로 한 적정 사일로 규모 및 배치를 위한 고려사항을 참고하여 단계별로 곡물 건조 저장시설과 조사료 적재시설 사일로 설치를 3단계로 나누어 계획하였다.

가. 도입시설 1단계

1단계에서는 제염에 따른 생산량 수율 70 %를 고려하여 곡물이 약 328 ton 생산 가능하며, 향후 제염 진행에 따른 생산량 수율이 90 %까지 향상될 때 약 422 ton의 곡물이 생산될 것으로 추산된다. 따라서 1단계에서 6구역에는 400 ton 용량 (지름 12.12 m×높이 11.1 m)의 사일로 1 개를 설치하며, 400 ton 이상의 곡물이 생산될 때, 2, 3단계에 주변 구역과 연계하여 저장량을 분배하여 저장하는 것이 경제적인 것으로 판단

하였다. 곡물 수확 후 저장 시 유역 내의 내부접근성을 고려하고 6유역 인근의 제 1호 간선농도와 제 4호 간선농도와의 최단이동거리를 고려하여 적정위치를 정하였으며, 필요한 면적은 약 160 m²으로 추산된다.

1단계의 6유역에서 생산된 4,392 톤에 대한 적재 필요면적은 약 3,294 m², 2단지 중 2유역에서 생산된 6,196 톤에 대한 적재 필요면적은 약 4,647 m², 3유역에서 생산된 7,288 톤에 대한 적재 필요면적은 약 5,466 m², 그리고 5유역에서 생산된 5,874 톤에 대한 적재 필요면적은 4,406 m²으로 추정된다 (Table 8).

나. 도입시설 2단계

2단계에서 제염에 따른 생산량 수율을 고려하면, 2유역 약 293 ton, 3유역 약 400 ton, 5유역 약 278 ton의 곡물이 생산되며, 제염기간이 1단계에 비해 상대적으로 짧기 때문에 제염효과에 따른 향후 생산량 수율 향상은 없다고 가정하였다. 따라서 2단계에서는 2유역과 5유역의 경우 300 ton 용량 (지름 11.26 m×높이 10.8 m)의 사일로를 1 개씩, 3유역은 400 ton 용량 (지름 12.12 m×높이 11.1 m)의 사일로 1 개 설치가 필요할 것으로 판단했다. 2단계에서는 생산된 곡물은 6차산업화를 위해 농산업클러스터 단지로 이동한다는 가정 하에 곡물 운송의 최단이동거리를 고려하여 적정 위치를 정하였으며, 설치 시 2, 5유역이 약 140 m², 3유역에 약 160 m²의 면적이 필요할 것으로 추산된다.

2단계에서 6유역에서 생산된 조사료 3,026 톤에 대한 적재 필요면적은 2,270 m², 2단지 중 2유역에서는 6,085 톤에 대한 4,564 m², 3유역은 7,157 톤에 대한 5,368 m², 5유역은 5,768 톤에 대한 4,326 m², 3단지 중 1유역에 692 톤에 대한 519 m², 4유역에서는 1,647 톤에 대한 1,235 m²의 면적이 조사료 적재에 필요한 것으로 추정된다 (Table 8).

다. 도입시설 3단계

3단계에서 제염에 따른 생산량 수율을 고려하면, 1유역 약 78 ton, 4유역 약 186 ton의 곡물이 생산되고, 제염기간이 상대적으로 짧기 때문에 제염효과에 따른 향후 생산량 수율 향상은 없다고 가정하였다. 하지만 1유역의 생산량이 다른 유역에 비해 낮은 점과 사일로 설치의 기본 단가의 이유로 100 ton 용량과 200 ton 용량 사일로 2 개를 설치하는 대신 300 ton 용량 (지름 11.26 m×높이 10.8 m)의 사일로를 4유역에 1 개 설치하는 것이 경제적이라고 판단된다. 곡물 수확 후 저장 시 1유역과 4유역 사이의 접근성과 유역 내의 내부접근성을 고려하고, 생산된 곡물은 농산업클러스터단지로 이동한다는 가정 하에 곡물 운송의 최단이동거리를 고려하여 적정 위치를 정하였으며, 사일로 설치에 약 140 m²의 면적이 필요할 것으로 분석되었다. 또한 사일로의 경우 경제적인 사항을 고려하여 유역별로 1 개소를 설치한다고 가정하였다. 하지만 재배하는 곡물의 종류가 다양할 때 곡물을 혼합하여 저장하는 것은 불가능하기 때문에 곡물 종류별로 사일로를 추가 설치하거나 시설 공유 연계 방안 등을 모색하는 것이 타당할 것으로 판단된다.


3단계에서 1단지 및 2단지에서는 2단계와 생산량이 동일하여 필요면적도 동일하며, 3단지에서 1유역은 1,626 톤에 대한 1,220 m², 4유역은 3,869 톤에 대한 2,902 m²이 필요한 것으로 추정된다 (Table 8).

하지만 조사료 적재시설의 경우, 적재에 필요한 면적이 넓음에 따라 토지에 적재시설을 설치하지 않는 것이 효율적이라고 판단된다. 또한 부피가 크고 무거운 조사료 톤의 특성상 원거리 운송은 비경제적이라는 판단 하에 새만금 인근의 축산농가에 조사료로 공급하여 대체 효과를 누리는 것이 경제적으로 타당할 것이라 사료된다.

Table 8 Land demands to load forage by farming scales

Watershed	District	Area (ha)	Stage 1		Stage 2		Stage 3	
			Scale (m ³)	Lands (m ²)	Scale (m ³)	Lands (m ²)	Scale (m ³)	Lands (m ²)
1	3	44.6	-	-	1,947	519	4,574	1,220
2	2	119.2	17,426	4,647	17,114	4,564	17,114	4,564
3	2	140.2	20,498	5,466	20,129	5,368	20,129	5,368
4	3	106.1	-	-	4,623	1,235	10,881	2,902
5	2	113.0	16,521	4,406	16,224	4,326	16,224	4,326
6	1	133.5	12,353	3,294	8,511	2,270	8,511	2,270
Total		656.6	66,798	17,813	68,548	18,282	77,433	20,650

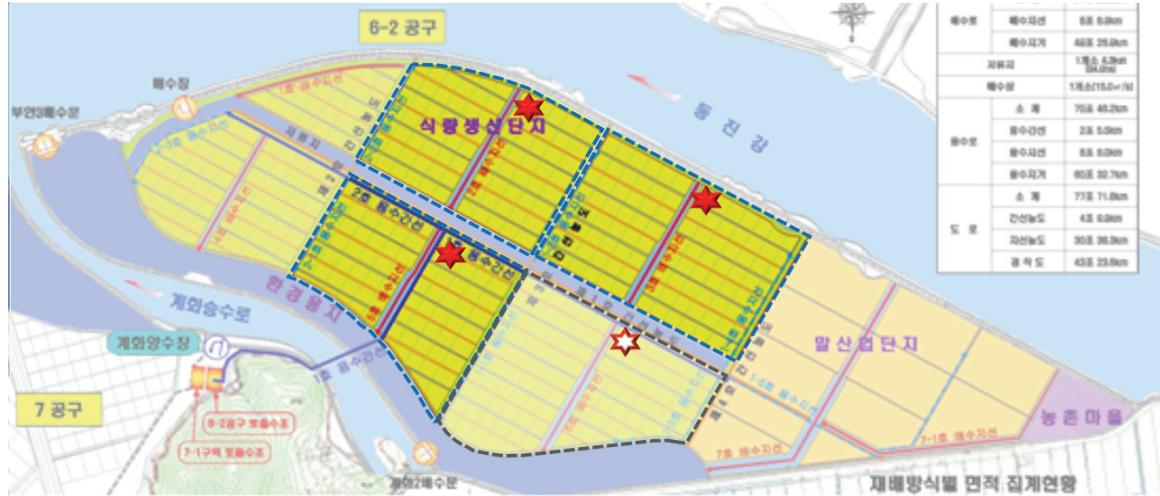
Table 9 Optimal facility planning of Stage 1 for developing farmland and agricultural infrastructure



구분	구분명	면적
6-2구	농수지권	8호 8.8km
	농수지권	4호 28.8km
7구	농수지권	1호 4.2km
	농수지권	1호 15.0km
8-2구	농수지권	2호 5.8km
	농수지권	8호 8.0km
7-1구	농수지권	8호 32.7km
	농수지권	7호 71.8km
도면	간선도로	4호 8.0km
	지방도로	3호 28.8km
면적	총 면적	43호 23.8km

Facility		Scale	Number	Location	Required Area	Details	
Farming Infrastructure	Agricultural equipments	N/A	-	-	-	- Integrated management of agricultural equipments (Repair, storage, lease etc.).	
	Water supply						
Storage Facility	Grain drying storage silo	Volume: 400 tons (12,12m×11,1m)	1 (Watershed 6)	☆	About 160m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Grain production of Watershed 6 is about 328 tons considering 70% yield. Considering the improvement in yield (90%) due to desalinization, grain production is about 422 tons. - In the case of producing more than 400 tons of grain, it is necessary to distribute the amount of storage around Watershed 3 in Stage 2 and 3. - The shortest distance of two compartments (first principal road and fourth principal road) considering internal accessibility of harvested grain storage. 	
	Forage loading facility	Watershed 2 (Volume: 12,223m ³)	-	-	-	(4,647m ²)	- The production of forage crops considering the yield of 70% in corn cultivation is about 2,512 tons in Watershed 6.
		Watershed 3 (Volume: 14,378m ³)				(5,466m ²)	- The production of forage crops considering yield of 70% in corn and whole crop rice: About 2,112 tons in Watershed 2, about 2,484 tons in Watershed 3, about 2,002 tons in Watershed 5.
		Watershed 5 (Volume: 11,588m ³)				(4,406m ²)	- The production of forage crops considering yield of 70% in italian ryegrass and winter oat: About 1,060 tons in Watershed 2, about 1,247 tons in Watershed 3, about 1,005 tons in Watershed 5.
Watershed 6 (Volume: 12,353m ³)		(3,294m ²)				- Consumed in Gimje, Buan, and Gunsan without loading in the area.	
Shipping and Distribution	Shipping facility	N/A		Possible	Rice processing complex (RPC)		

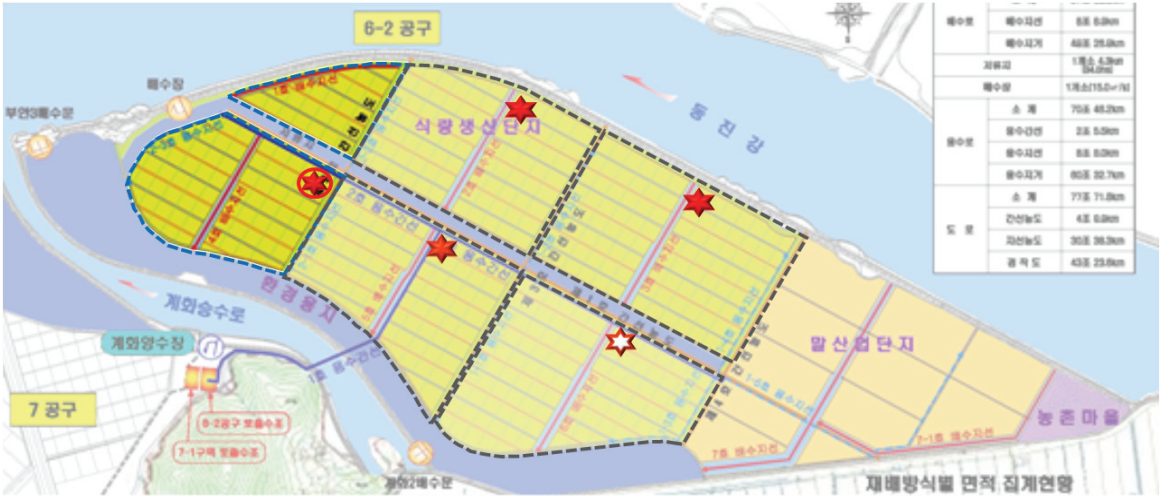
Table 10 Optimal facility planning of Stage 2 for developing farmland and agricultural infrastructure



물수요	물수요지선	8.00 0.00m
	물수요지계	46.00 29.00m
외부도로		1.00 5.00m
물수요선		1.00 5.00m
물수요선	소 폭	7.00 4.00m
	물수요지선	2.00 5.00m
물수요지계	물수요지선	8.00 0.00m
	물수요지계	8.00 22.70m
도로	소 폭	7.00 71.00m
	간선도로	4.00 0.00m
	교차도로	3.00 39.00m
	경계도	4.00 23.00m

Facility		Scale	Number	Location	Required Area	Details
Farming Infrastructure	Agricultural equipments	N/A	-	-	-	- Integrated management of agricultural equipments (Repair, storage, lease etc.).
	Water supply					
Storage Facility	Grain drying storage silo	Volume: 300 tons (11,26m×10,8m)	2 (Watershed 2 and 5)	★	About 140m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Grain production of Watershed 2 is about 293 tons considering the yield of 70%. - Grain production of Watershed 3 is about 400 tons considering the yield of 70%. - Grain production of Watershed 5 is about 278 tons considering the yield of 70%. - It is assumed that there is no improvement in yield due to desalinization. - The shortest distance considering internal accessibility of harvested grain storage and external accessibility of clusters. - No additional installation in Watershed 6.
		Volume: 400 tons (12,12m×11,1m)	1 (Watershed 3)		About 160m ²	
	Forage loading facility	Watershed 1 (Volume: 1,947m ³)	-	-	(519m ²)	
		Watershed 2 (Volume: 17,114m ³)			(4,564m ²)	
		Watershed 3 (Volume: 20,129m ³)			(5,368m ²)	
		Watershed 4 (Volume: 4,632m ³)			(1,235m ²)	
		Watershed 5 (Volume: 16,224m ³)			(4,326m ²)	
Watershed 6 (Volume: 8,511m ³)	(2,270m ²)					
Shipping and Distribution	Shipping facility	N/A		Possible	Rice processing complex (RPC)	

Table 11 Optimal facility planning of Stage 3 for developing farmland and agricultural infrastructure



계곡면적	계곡1면적	8.80km ²
	계곡2면적	48.80km ²
계곡길이	계곡1길이	5.50km
	계곡2길이	28.80km
계곡수량	계곡1수량	1,150,000m ³ /년
	계곡2수량	7,500,000m ³ /년
계곡수역	계곡1수역	2.80km ²
	계곡2수역	8.80km ²
계곡수역	계곡1수역	8.80km ²
	계곡2수역	48.80km ²
계곡수역	계곡1수역	30.60km ²
	계곡2수역	38.80km ²
계곡수역	계곡1수역	43.00km ²
	계곡2수역	28.80km ²

Facility		Scale	Number	Location	Required Area	Details	
Farming Infrastructure	Agricultural equipments	N/A	-	-	-	- Integrated management of agricultural equipments (Repair, storage, lease etc.).	
	Water supply						
Storage Facility	Grain drying storage silo	Volume: 300 tons (11,26m×10,8m)	1		About 140m ²	<ul style="list-style-type: none"> - Grain production of Watershed 1 is about 78 tons considering the yield of 50%. - Grain production of Watershed 4 is about 186 tons considering the yield of 50%. - It is assumed that there is no improvement in yield due to desalinization. - Installation of one 300 ton capacity silo instead of 100 and 200 ton capacity silos because of the price. - The shortest distance considering internal accessibility of harvested grain storage in District 1 and 4, and external accessibility of clusters. - No additional installation in Watershed 2, 3, 5, and 6. 	
	Forage loading facility	Watershed 1 (Volume: 4,574m ³)	-	-	-	(1,220m ²)	- The production of forage crops considering the yield of 90% in corn and soybean cultivation is about 1,731 tons in Watershed 6.
		Watershed 2 (Volume: 17,114m ³)				(4,564m ²)	- The production of forage crops considering yield of 70% in corn and whole crop rice: About 2,957 tons in Watershed 2, about 3,478 tons in Watershed 3, about 2,803 tons in Watershed 5.
		Watershed 3 (Volume: 20,129m ³)				(5,368m ²)	- The production of forage crops considering yield of 50% in corn and whole crop rice: About 790 tons in Watershed 1, about 1,880 tons in Watershed 4
		Watershed 4 (Volume: 10,881m ³)				(2,902m ²)	- Average weight of forage: corn 572kg/roll, corn and whole crop rice 486kg/roll, italian ryegrass and winter oat 573kg/roll.
		Watershed 5 (Volume: 16,224m ³)				(4,326m ²)	- Roll (1,2m×1,0-1,5m) is stacked in 5layers of 3 floors to calculate the scale and required area.
Watershed 6 (Volume: 8,511m ³)		(2,270m ²)				- Consumed in Gimje, Buan, and Gunsan without loading in the area.	
Shipping and Distribution	Shipping facility	N/A		Possible	Rice processing complex (RPC)	-	

IV. 결론

본 연구에서는 장기적으로 진행되는 간척지 사업의 특성을 바탕으로 점진적 개발과정을 고려하여 새만금 복합곡물단지의 동태적 마스터플랜을 6-2공구 대상으로 제시하고자 하였다. 마스터플랜은 용수공급, 영농기반조성, 도입시설에 대해 총 3단계로 나누어 개발플랜을 제시하였다.

용수공급은 영농기반조성 개발 단계에 맞추어 1단계와 2단계에서는 양수를 통한 용수공급 방안을 선택했다. 3단계에서는 양수를 통한 용수공급과 기수담수화 설비를 통한 용수공급이 가능할 것으로 추정하였다.

영농기반조성 1단계에서는, 단지1의 경우 타 단계에 비해 지반고가 높아 별도의 매립 작업을 거치지 않고 정지작업을 도입한다. 단지2는 매립사업을 진행하며 비산먼지 방지를 위해 염생식물 및 조사료 등을 식재한다. 2단계에서는 단지1에 지력 증진을 위해 녹비작물을 재배한다. 단지2는 2차 정지작업을 진행하며 단지3은 연약지반처리를 위한 사업을 진행한다. 3단계에서는 전 단계에서 정지사업이 완료되고 단지1부터 작물 재배를 본격적으로 수행할 수 있을 것이다.

도입시설 1단계에서는 곡물저장 사일로에 적정 위치는 제 1호와 제 4호 간선농도와의 최단이동거리를 고려하여 선정하고, 조사료 적재에 필요한 면적은 총 17,813 m²으로 산정된다. 2단계에서 곡물저장 사일로의 적정 위치는 생산된 곡물을 농산업클러스터 단지로 이동한다는 가정을 기반으로 최단이동거리를 고려하여 선정하고, 조사료 적재에 필요한 면적은 총 18,282 m²으로 산정된다. 3단계에서는 구역간의 내부접근성과 농산업클러스터 가정 하에 최단이동거리를 고려하여 적정 위치를 선정하고, 조사료 적재에 필요한 면적은 총 20,650 m²으로 추정된다.

본 연구는 새만금 농생명용지 6-2공구를 대상으로 용수공급, 영농기반조성, 도입시설에 대한 동태적 마스터플랜을 제시하였다. 간척의 특성과 점진적 개발과정을 고려한 마스터플랜 구상 방법은 향후 다른 간척사업의 계획 및 진행에 활용 가능하며, 사회·경제적 여건 변화에 유연하게 대처할 수 있는 계획 수립 프레임워크를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부 새만금내부개발사업의 조사연구로 한국농어촌공사 농어촌연구원의 지원을 받아 연구되었음.

REFERENCES

1. Choi, D. B., 2008. The contemporary legal subject of Saemangeum project. *Environmental Law Review* 30(1): 39-54 (in Korean).
2. Chun, J. S., 2003. Political economy of Saemangeum Tideland reclamation project through advocacy coalition framework. *Korean Society and Public Administration* 14(2): 207-234 (in Korean).
3. Kim, M. H., D. Huh, and C. S. Lee, 2014. Development and application of statistical survey method for forage. Korea Rural Economic Institute.
4. Koo, J. W., J. K. Choi, and J. G. Son, 1998. Soil properties of reclaimed Tidel Lands and Tidelands of Western Sea Coast in Korea. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 31(2): 120-127 (in Korean).
5. Korea Statistics, 2015. Available at: <http://www.kostat.go.kr/>
6. Krishnamoorthy, K., P. Jambulingam, R. Natarajan, A. N. Shriram, P. K. Das, and S. C. Sehgal, 2005. Altered environment and risk of malaria outbreak in South Andaman, Andaman & Nicobar Islands, India affected by tsunami disaster. *Malaria Journal* 4(1): 1-9. doi:10.1186/1475-2875-4-32.
7. Lee, S. Y., T. G. Kim, K. Suh, Y. J. Bae, H. J. Kim, and J. J. Lee, 2016. Analysis of repair times of marine reinforced-concrete structures considering shape effects and domain discontinuity. *Transactions of the ASABE* 59(3): 975-982. doi:10.13031/trans.59.11342.
8. Lie, H. J., C. H. Cho, S. Lee, E. S. Kim, B. J. Koo, and J. H. Noh, 2008. Changes in marine environment by a large coastal development of the Saemangeum Reclamation Project in Korea. *Ocean and Polar Research* 30(4): 475-484.
9. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 1998. Design criteria for agricultural production based maintenance projects (Irrigation).
10. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (MAFRA), 2016. 2016 Agriculture, Food and Rural Affairs Statistic Annual Report.
11. Ministry of Land, Infrastructure and Transport (MOLIT), 2011. Water Vision 2020.
12. Pyo, H. D., and H. B. Chang, 1995. A Comparative analysis of fisheries loss compensation systems between Korea and Japan. *Ocean Policy Research* 10(2): 373-417 (in Korean).
13. Rural Development Administration (RDA), 2015. Agricultural and livestock products income analysis.

14. Seo, D. U., and O. Y. Son, 2014. Study on construction of Agri-industrial cluster in Saemangeum. *Korean Operations Research and Management Society* 884-888 (in Korean).
15. Seo, D. U., Y. W. Kim, J. G. Lee, M. W. Kim, and H. H. Jin, 2006. A Study on the development of a Korean-Type reclaimed land business farming and fisheries model. Korea Rural Community Corporation.
16. Seo, D. U., 2011. Prevention plan of the promoting decontamination and re-chlorination in reclaimed land. *Rural and Environmental Engineering Journal* 112: 73-87 (in Korean).
17. Son, J. G., J. K. Choi, and J. Y. Cho, 2009. Chemical properties of soil in the proposed horticultural complexes of Saemangeum Reclaimed Tideland. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 51(4): 67-73 (in Korean).
18. Son, J. K., J. D. Song, S. H. Lee, J. H. Ryu, and J. Y. Cho, 2015. Water management for preventing resalinization after early desalinization of Saemangeum Reclaimed Tidal Lands. *Journal of Agriculture & Life Sciences* 46(2): 74-80 (in Korean).
19. Woo, B. J., M. K. Jung, M. G. Lee, and H. J. Kim, 2011. A Study on establishing rice replacing forage crops Using-System. Korea Rural Economic Institute.