

# 암거배수시설 설치사업의 성과평가 및 경제성 분석\*

민선형\*\*, 이항미\*\*\*, 김관수\*\*\*\*

## 차례

1. 서론 .....	53
2. 분석 방법 .....	54
3. 분석 자료 .....	62
4. 분석 결과 .....	65
5. 요약 및 결론 .....	71

## Keywords

배수개선사업(drainage improvement project), 암거배수시설(subsurface drainage facilities), 사업평가(project evaluation), 이중차분법(difference in differences: DID), 균형대체모형(equilibrium displacement model: EDM)

## Abstract

본 연구에서는 이중차분법과 균형대체모형을 적용하여 암거배수시설의 사업성과(생산효과 및 후생효과)를 추정한 후, 추정 결과를 활용하여 사업의 경제성을 분석하고 성과 제고 방안에 대한 시사점을 제시하였다. 분석 결과, 사업 후의 단수는 사업 전보다 평균적으로 18.75kg/10a 증가하는 것으로 추정되었고, 기계구동시간은 6.61분/10a 감소하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 효과들은 경사도가 커지거나 배수등급이 나빠질 경우 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 사업성과에 따른 지역의 쌀시장 균형 변화로 인해 생산자 후생은 내구연한을 30년으로 가정했을 경우, 31.299억 원 증가하는 것으로 분석되었다. 이에 대한 순편익은 2.799억 원으로 계산되어 사업의 경제적 타당성이 있는 것으로 나타났다. 사업의 순편익은 배수등급과 경사도를 고려하여 사업대상지를 선정할 경우 증가하였고, 그 증가폭은 배수등급을 고려한 경우가 경사도를 고려한 경우보다 더 크게 나타났다. 이와 같은 결과는 사업성과 제고를 위한 사업 대상지 선정 기준 중 배수등급 조건의 상대적 중요도가 경사도의 그것 보다 크다는 것을 시사한다.

\* 본 연구는 2020년 한국농어촌공사 농어촌연구원의 「상주 한들지구 배수개선사업(농지범용화) 성과분석 연구」 내용 일부를 수정·보완한 것으로 추가 분석 수행으로 인해 상기 연구와 결과에 차이가 있을 수 있다.

\*\* 한국농촌경제연구원 정책전문연구원

\*\*\* 한국농어촌공사 농어촌연구원 책임연구원

\*\*\*\* 서울대학교 농경제사회학부 교수, 교신저자. e-mail: kimk@snu.ac.kr

# The Subsurface Drainage Facility Project: Performance Evaluation and Economic Feasibility

Min, Sunhyung<sup>\*</sup>, Yi, Hyangmi<sup>\*\*</sup>, Kim, Kwansoo<sup>\*\*\*</sup>

## Keywords

drainage improvement project, subsurface drainage facilities, performance evaluation, difference in differences (DiD), equilibrium displacement model, equilibrium displacement model (EDM)

## Abstract

This study aimed to find an effective and efficient direction for future projects through the performance evaluation of the drainage improvement project. To achieve the goal, it analyzed the effects on rice production and welfare after the drainage improvement project was administered by the Korea Rural Community Corporation (KRC) by applying the difference in differences (DID) estimation method and an equilibrium displacement model (EDM). Primarily, this study focused on subsurface drainage facilities' effects on production, which consisted of an increase in yields and a decrease in the time of operating agricultural machines. The analysis result showed that the amount of yields increased by 18.75kg/10a, while machine operation decreased by 6.61 min./10a after the implementation of the project. We found that these effects were reduced when the slope of a field increased or a drainage grade deteriorated. We also discovered that the producer surplus increased by 3,129.9 million won due to a change in the equilibrium of regional rice market affected by the project for 30 years. We calculated the net benefit to be 279.9 million won. The net profit increased when project target areas were selected in consideration of a drainage class and a slope degree. The level of increase in net profit was higher when considering the drainage class than the slope. The results implied that the drainage class is relatively more significant than the slope among the criteria for selecting project target areas to improve project effectiveness.

---

<sup>\*</sup> Research Associate, Korea Rural Economic Institute

<sup>\*\*</sup> Associate Researcher, Rural Research Institute, Korea Rural community Corporation

<sup>\*\*\*</sup> Professor, Department of Agricultural Economics and Rural Development, Seoul National University. Corresponding author.  
e-mail: kimk@snu.ac.kr

## 1. 서론

지구 온난화로 인한 기후변화로 인해 국지성 집중호우와 같은 이상 기후의 발생 빈도와 강수량이 증가하였고, 이로 인한 농경지 및 시설물의 피해도 증가하였다(조진훈 외, 2011; 신안국 외, 2017). 정부는 이와 같은 수해에 대비하기 위하여 1975년부터 배수개선사업을 시행해왔다. 배수개선사업은 농작물의 침수 피해를 방지하기 위해 수해를 겪고 있는 농경지에 배수장, 배수문, 배수로 등 배수시설을 설치하는 사업이다. 최근에는 논에 시설 작물을 재배하는 농가가 증가하면서, 배수개선사업은 기존의 재해 위험 대응 수단으로서의 역할 뿐만 아니라, 논에서의 밭작물 재배가 가능하도록 논의 배수상태를 개선시키는 작업도 포함하고 있다(한국농어촌공사 농어촌연구원, 2020). 그중 본 연구가 주목하고 있는 암거배수시설은 흙 속에 수분을 정해진 기간 내 배제하여 작물 성장에 습해를 주지 않도록 지하에 토관 등을 설치하여 배수를 개선시키는 시설이다. 암거배수시설은 건답화를 통해 논의 습답피해(벼의 도복피해, 기계 빠짐 등)를 해결할 뿐만 아니라, 논 작물보다 상대적으로 습해에 대한 저항성이 낮은 밭작물도 논에서 재배가 가능토록 한다(농어촌연구원, 2018; 충청북도농업기술원, 2019).

2020년 쌀 중심의 직불제가 공익형직불제로 개편됨에 따라 농업인은 재배 작물에 상관없이 동일한 직불금을 지원받게 되었다. 기존의 쌀 재배에 대한 유인책으로 작용했던(이문호·김관수, 2020) 직불금의 개편으로 농가의 작목선택이 다양해질 것으로 예상되며, 정부는 쌀 재배농가들의 타작물 재배를 제고시키기 위해 재배단지 조성, 쌀 이외의 작물 기계화율 제고, 배수 개선 등과 같은 생산기반조성사업을 수행하고 있다(농림축산식품부, 2021). 이러한 국내의 상황을 감안하면 논에서의 밭작물 재배에 대한 수요와 이를 위한 암거배수시설에 대한 수요도 증가할 것으로 예상되므로 기존에 진행되었던 사업의 성과를 분석하고, 이를 통해 향후 배수개선사업의 효과적·효율적 추진 방향을 모색할 필요가 있다. 이와 같은 연구의 필요성하에서, 본 연구에서는 2018년에 준공된 암거배수시설의 설치 시범 지역인 A지구<sup>1)</sup>에 대한 사업의 성과와 사회후생 변화를 분석하고, 분석결과를 통해 사업의 경제성 및 성과 제고 방안에 대한 시사점을 제시하고자 한다.

기존에 배수개선사업에 대한 효과 분석을 실시한 연구로는 백승우·정안성(2013), 이석주 외(2015) 등이 있다. 백승우·정안성(2013)은 관배수시설의 성과지표를 개발하기 위해 한국과 일본의 사례를 비교 분석하여 작물생산량 증대효과, 영농경비절감효과, 유지관리비용절감효과, 재해방지효과 등을 사업의 성과 지표로 제시하였다. 이석주 외(2015)는 배수개선과 같은 농업생산기반정비사업의 공통적인 편익 항목으로 작물생산의 양적변화(단수증가, 경작면적 증감)를 제시하였다. 다만, 재해방지효과와 같은 간접효과는 평가의 객관성이나 분석방법에 따른 평가액 차이가 크므로 참고용으로 활용할 뿐 전체 효과에 포함하지 않는 경우도 많다(김영주 외, 2014).

<sup>1)</sup> A지구는 경북 상주시의 공검면과 오태면의 일부분으로 구성된 지구이다. A지구는 암거배수시설사업이 본 사업으로 시행되기 전 선정된 시범 지구로서, 공사시행기관의 요청으로 인하여 지구명을 익명으로 처리하였다.

본 연구는 논에 설치한 암거배수시설 설치사업의 성과를 분석하였다. 사업성과는 분석대상 작물인 벼의 생산과 관련된 직접 효과인 단수 증가와 기계구동시간 감소 정도로 측정하였다. 암거배수시설 설치로 인한 발작물 전환 또는 재배면적 증가 등도 사업성으로 고려될 수 있다. 하지만 분석대상 지역인 A지구는 사업 이전에도 배수가 잘되지 않던 논에도 쌀 재배를 하고 있었던 것으로 조사되었다. 그 결과 사업 전후 재배면적은 변화가 없어서 이는 사업성과에서 제외되었다. 단수효과는 사업 후 배수상태 및 도복 피해가 개선됨으로써 발생하는 생산성 증가 효과를 의미한다. 기계구동시간 효과는 사업 후 사업 전보다 건답화가 됨으로써 기계빠짐 현상이 해소되어 발생한 기계구동시간 감소효과를 의미한다. 본 연구에서는 사업 전/후 효과의 단순 평균 비교를 통해 직접적으로 사업효과를 살펴본 선행연구들과 달리, 표본선택편의(sample selection bias)로 인해 나타날 수 있는 내생성(endogeneity) 문제를 해소하기 위한 이중차분법을 적용하여 사업효과를 분석하였다.

본 연구에서 계측하고자 하는 사업성과는 사업이 시행된 모든 논에 대한 평균 효과와 이를 사업대상지(논)의 특성에 따라 분해한 효과로 구분된다. 사업 수혜 논은 주요 특성으로는 배수등급과 경사도를 들 수 있으며, 이러한 특성은 각각 벼의 생산성과 기계구동시간에 영향을 준다(한국농어촌공사 농어촌연구원, 2018; 김채수 외, 2002). 본 연구에서는 각 특성의 수준에 따라 사업성과가 얼마나 다르게 나타나는지 검증해 봄으로써, 사업성과가 최대화 될 수 있는 사업대상지의 조건을 모색해 보고자 한다.

또한, 본 연구에서는 사업효과에 대한 분석결과를 균형대체모형에 적용하여 배수개선사업으로 인한 지역(A지구)의 쌀시장 균형 변화와 이에 따른 사회후생 변화를 계측하고, 이를 활용하여 사업의 경제적 타당성을 검토하였다. 마지막으로, 평균 사업효과와 사업대상지의 조건에 따른 사업효과를 기준으로 한 후생변화의 차이를 살펴보았다. 이를 통해 평균 효과를 적용했을 경우의 편익과 사업대상지의 조건이 최적일 경우의 편익을 비교분석함으로써 사업의 성과 및 효율성 제고를 위한 시사점을 도출하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 제2절과 제3절에서는 각각 분석 방법과 분석 자료에 대해 설명한다. 본 연구의 분석은 ‘이중차분법을 적용한 사업효과 분석’과 ‘사업효과로 인한 사회후생 변화 분석’으로 구분된다. 제4절에서는 분석 결과를 제시하고, 제5절에서는 분석결과에 대한 요약 및 사업성과 제고 방안에 대한 시사점을 제시한다.

## 2. 분석 방법

본 연구의 분석 방법은 2단계로 구분될 수 있다. 1단계에서는 배수개선사업이 시행된 논과 사업이 시행되지 않은 논을 대상으로 일종의 준실험적 효과 평가 방법인 이중차분법(difference in differences: DID)을 적용하여 사업의 효과를 살펴본다. 2단계에서는 1단계에서 추정된 사업효과로 인해 발생하는 사회적 후생 변화를 계측하고, 후생 변화로 인해 발생한 편익과 사업비용을 활용하여 사업의 경제성 분석을 시도하였다.

### 2.1. 이중차분법을 이용한 사업효과 분석<sup>2)</sup>

사업의 성과평가 방법론에서 사업효과는 식 (1)과 같이 사업 수혜 그룹인 처치그룹(treatment group)과 사업 비수혜 그룹인 통제그룹(control group)의 효과 차이의 평균으로 정의될 수 있다.

$$\text{사업 효과} = E(y_{i1} - y_{i0}) \tag{식 (1)}$$

여기서,  $y$ 는 사업 성과지표로서,  $y_{i1}$ 는 개체(논)  $i$ 가 사업을 적용받았을 때의 잠재적인 성과 값이고,  $y_{i0}$ 는  $i$ 가 사업을 적용받지 않았을 때의 성과 값을 나타낸다. 일반적으로 한 개체는 사업의 처치와 미처치 중 하나의 상태에만 존재할 수 있기 때문에  $y_{i1} - y_{i0}$ 의 값에 대한 관측이 불가능하므로  $i$ 에 대한 사업의 처치효과는  $y_{i1} - y_{i0}$ 가 아니라 평균의 차이  $E(y_{i1}) - E(y_{i0})$ 로 표현될 수 있다. 평균 처치 효과를 추정하기 위한 가장 기본적인 회귀식은 식 (2)와 같으며, 이때  $y_i$ 는 사업의 생산 관련 성과변수인 단수 또는 기계구동시간,  $G_i$ 는 사업처치 여부,  $\hat{\beta}_1^{OLS}$ 는 사업의 처치 효과를 의미한다(식 (3) 참조).

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 G_i + u_i \tag{식 (2)}$$

$$E(y_{i1} - y_{i0}) = E(y_i | G_i = 1) - E(y_i | G_i = 0) = \hat{\beta}_1^{OLS} \tag{식 (3)}$$

식 (2)를 추정할 때 가장 핵심적인 이슈는 처치 변수  $G_i$ 의 내생성(endogeneity) 문제이다. 즉, 처치 변수  $G_i$ 와 오차항  $u_i$ 가 통계적으로 서로 독립적이지 않을 경우, 처치효과 추정치( $\hat{\beta}_1^{OLS}$ )는 실제 사업의 인과효과보다 사업의 효과를 과대 또는 과소평가할 수 있다는 문제가 발생한다.<sup>3)</sup> 이를 해결하기 위한 근본적인 해결책은  $G_i$ 가 무작위로 배정되는 것이지만, 횡단면 자료를 이용하는 경우, 실증분석에서  $G_i$ 의 내생성을 완전히 제거시키기에는 어려움이 따른다. 이 경우 고려해 볼 수 있는 대안 중 하나가 본 연구의 경우와 같은 패널자료를 이용한 이중차분법이다.

이중차분법은 사업 전후 처치그룹과 통제그룹의 평균 성과를 두 번 차분하여 사업의 효과를 추정하는 방법이다. 이중차분 추정량을 추정하기 위한 회귀식은 식 (4)와 같으며,  $y_{it}$ 는 논  $i$ 의  $t$ 시점에 성과변수(단수와 기계구동시간)를 의미한다.  $G_i$ 와  $P_{it}$ 는 각각 사업 처치 그룹 구분 변수와 사업 시행여부를 구분하는 변수로서 사업 성과를 살펴볼 수 있는 주요 독립변수라고 할 수 있다. 횡단면 자료를 이용한 사업성과 추정식(식 (2))에서의 처치 변수는  $G_i$ 였다면, 패널자료를 이용한 이중차분법의 사업 처치 변수는  $G_i$ 와  $P_{it}$ 의 교차항  $D_{it}$ 이다.<sup>4)</sup> 처치그룹의 경우  $G_i=1$ , 통제그룹의 경우  $G_i=0$ 으로 표시되고,  $t$ 기가 사업 시

2) 본 연구의 이중차분법 설명은 강창희 외(2014)를 본 연구의 내용에 맞게 수정 및 참고하여 작성되었다.  
 3) 두 그룹의 관측되지 않은 특성이 처치변수  $G_i$ 와 성과변수  $y_i$ 에 영향을 미친다면, 선택 편의(selection bias)에 의한 내생성(endogeneity) 문제가 발생한다.  
 4) 패널이중차분 분석의 경우, 추가적으로 처치변수  $D_{it}$ 의 '시점 간 외생성' 가정이 충족되어야 하는데, 본 연구의 분석대상인 암거배수시설의 준공 시점( $P_{it}$ )은 사업 성과에 영향을 줄 수 있는 요인(지역 특성 및 논 특성)들과 무관하게 행정적인 수요에 맞춰 진행되었으므로 외생적이라고 할 수 있다.

행 전일 경우  $P_{it} = 0$ , 시행 후일 경우  $P_{it} = 1$ 로 표시된다.

$G_i$ 와  $P_{it}$ 의 두 집단의 다른 특성 차이로 인해 발생할 수 있는 성과 차이를 통제하기 위해서는 성과변수(단수, 기계구동시간)에 영향을 미칠 수 있는 사회·경제적 요인들을 모형에 적용해야 한다. 하지만 본 연구의 처치 및 통제그룹은 동일한 농가가 소유하고 있는 여러 개의 필지 중 암거배수시설이 설치된 논과 그렇지 않은 논이다. 즉, 처치그룹은 농가 A의 논 중 시설이 설치된 논, 통제 집단은 농가 A의 논 중 시설이 설치되지 않은 논이므로 두 집단은 동질적인 경영활동적 특성(연령, 영농경력 등)을 가지고 있고, 따라서 상기 변수들은 추정식에 포함되지 않는다.<sup>5)</sup>

$$\begin{aligned} y_{it} &= \beta_0 + \beta_1 G_i + \beta_2 P_{it} + \beta_3 (G_i * P_{it}) + u_{it} \\ &= \beta_0 + \beta_1 G_i + \beta_2 P_{it} + \beta_3 D_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad \text{식 (4)}$$

회귀식에서 순 사업성과를 나타내는 이중차분 계수는  $\hat{\beta}_3$ 이다. 처치그룹의 사업 전후 성과 차이에는 사업과 무관하게 발생하는 성과 변수의 변화 효과( $\hat{\beta}_2 + \hat{\beta}_3$ )까지 포함되어 있다. 반면, 통제그룹의 사업 전후 평균 성과 변수 차이( $\hat{\beta}_2$ )는 사업효과가 아닌 기타 요인(기후, 농가의 재배능력)에 의해 발생한 변화만을 의미한다. 따라서 처치그룹의 사업 시행 전후 성과 차이에서 통제그룹의 전후 성과차이를 차감해 줌으로써 순수한 사업성과( $\hat{\beta}_3$ )를 계측할 수 있다는 것이 이중차분법의 기본적인 아이디어이다.

이 방법이 유효하려면 두 집단은 처치 유무에만 차이가 있을 뿐 다른 특성은 비슷한 집단으로 설정되어야 하며, 평행추세(parallel trend) 가정이 유효하여야 한다(Abadie, 2005).<sup>6)</sup> 먼저 처치 및 통제 그룹의 유사성 검정은 표준화 차이(standardized difference)를 통해 확인할 수 있으며(신광근·김정인, 2022; 최종태 외 2021), 분석 결과 두 그룹의 주요 특성인 배수등급과 경사도의 표준화 차이는 각각 -0.32, -0.29로 0.1보다 작게 나타나 각 집단 사이의 균형이 충족된다는 것을 확인할 수 있었다.<sup>7)</sup> 평행 추세 가정은 처치 그룹의 사업 시행이 없었을 경우의 값을 관측할 수 없으므로 직접적으로는 검정할 수 없지만, 사업 시행 이전에 두 그룹의 성과변수(단수와 기계구동시간) 값이 평행한 추세를 보였는지를 검토함으로써 간접적으로 확인할 있다(손호성, 2018; 이동규·성재훈, 2018).

본 연구에서는 짧은 시계열이라는 제약하에서 처치그룹과 통제그룹의 사업 시행 이전(2016년도

5) 그 외 논 의 토양 및 지형 특성이 단수와 기계구동시간에 영향을 줄 수 있으나, 토양과 지형은 단기간 내에 특성이 변하지 않는다. 이를 파악할 수 있는 토양도 역시 이와 같은 사실에 근거하여 정해진 갱신기간 없이 토지이용변화(지목변화)가 큰 지역에 대해서만 1년 주기로 재조사되고 있다. 본 연구의 분석 지역(경북 상주시 A지구)은 조사기간(2016~2019년도)동안 토지이용 변화가 없었으므로 토양 특성 변화가 크다고 판단하지 않았고, 이와 같은 시간불변 요소들은 고정효과 분석(식 (5) 참조)을 통해 통제될 수 있으므로 추정식에서 제외되었다.

6) 이 가정은 “처치(사업 시행)가 없었을 경우, 처치그룹과 통제그룹의 성과 값이 사업 시행 전후로 비슷한 추세를 보였을 것이다”라는 가정이다. 사업 처치 전에 처치그룹과 통제그룹이 서로 다른 추세를 가지고 있다면, 처치 후 처치그룹에서 나타나는 성과변수의 변화가 사업으로 인해 발생한 것인지, 처치 전에 이미 존재하는 추세(pre-existing trend)의 차이 때문인지 구별할 수 없게 된다(김근진, 2016).

7) 논 특성 외 성과변수에 영향을 미칠 수 있는 농가의 인구사회학적(연령, 영농경력 등) 변수 값은 두 집단이 동일하므로 이에 대한 표준화 값은 0이다. 표준화 차이(standardized difference)가 0.1보다 작다면 양쪽 두 집단의 변수가 균등하게 분배되었다는 의미이다(최종태 외, 2021).

와 2017년도)의 단수와 기계구동시간을 살펴보고, 두 그룹 사이에 평행 추세를 보인다는 것을 간접적으로 확인할 수 있었다(〈표 1〉 참조). 처치그룹의 2016년도와 2017년도 단수는 723.28kg/10a로 동일하였고, 통제그룹의 단수는 각각 726.09kg/10a, 726.96kg/10a로 증가하긴 하였지만 그 정도가 아주 미미하였다. 2016년도와 2017년도 처치그룹과 통제그룹의 기계구동시간은 각각 44.03분/10a와 37.53분/10a로 동일하게 나타나, 두 그룹의 기계구동시간은 평행한 추세를 가지고 있음을 확인하였다.

표 1. 사업 시행 전후 처치 및 통제그룹의 평균 단수 및 기계구동시간

단위: kg/10a, 분/10a

그룹	기술통계량	단수				기계구동시간			
		사업 전		사업 후		사업 전		사업 후	
		2016년	2017년	2018년	2019년	2016년	2017년	2018년	2019년
처치그룹	평균	723.28	723.28	743.43	753.75	44.03	44.03	37.34	37.34
	표준편차	61.16	61.16	73.37	74.95	17.16	17.16	14.94	14.94
통제그룹	평균	726.09	726.96	731.71	735.46	37.53	37.53	37.53	37.53
	표준편차	73.66	72.68	72.16	75.76	14.88	14.88	14.88	14.88
관측치		32		32		32		32	

처치변수( $D_{it}$ )에 영향을 줄 수 있는 논외의 시간불변(time invariant) 특성 변수를 통제하고 누락변수편의를 해소하기 위하여 고정효과 모형(fixed effect model)을 활용하여 추정을 시도하였다(식 (5) 참조).<sup>8)</sup> 여기서 논외의 시간불변 특성이란 토성, 유효토심 등<sup>9)</sup>을 의미하는 것으로 이러한 요인들은 토양의 잠재생산력 판단기준이 되며(현병근 외, 2008), 생산에 영향을 미칠 수 있는 요인들이다. 식 (5)에서 그룹 변수인  $G_i$ 는 시간불변 더미로서  $a_i$ 에 귀속하게 되고, 사업효과를 의미하는 이중차분계수는  $\hat{\alpha}_2$ 이다.

$$\begin{aligned}
 y_{it} &= \alpha_0 + \alpha_1 P_{it} + \alpha_2 (G_i^* P_{it}) + a_i + \epsilon_{it} \\
 &= \alpha_0 + \alpha_1 P_{it} + \alpha_2 D_i + a_i + \epsilon_{it}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

추가적으로 본 연구에서는 사업 대상 논외의 특성에 따라 사업의 효과가 다르게 나타나는지 살펴보기 위해, 기본 추정식인 식 (5)에 사업성과에 영향을 줄 수 있는 논외의 주요 특성(배수등급 및 경사도) 변수와 사업 처치변수( $D_i$ )의 교차항을 모형에 포함하였다. 논외 특성 변수인 배수등급과 경사도는 구간형 변수로서,<sup>10)</sup> 각 구간별로 더미변수로 모형에 도입되었다. 식 (5)에 제시되어 있는 모형은 모든 논외에 대한 평균 사업효과를 추정하기 위한 모형이고, 처치변수와 논외 특성 더미변수의 교차항을 추가한 모형은 사업대상

8) 실제로 식 (4)를 통상최소제곱(Ordinary Least Squares: OLS)을 적용하여 추정한 결과, 사업효과를 나타내는  $\hat{\beta}_3$ 가 통계적으로 유의하지 않게 나타났다. 반면, 고정효과를 적용하여 분석한 결과, 유의수준 5% 수준에서 통계적으로 유의하게 사업이 성과에 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

9) 토성은 토양을 구성하는 개체입자의 크기를 의미하는 것으로 모래의 함량이 많은 사토의 경우 양분이 결핍되기 쉬우며, 점토가 많은 식토는 경운 등에 어려움이 있다. 또한 유효토심이란, 식물이 자라는데 필요한 조건을 갖춘 토층의 깊이를 의미한다.

10) 배수등급은 '매우 양호', '양호', '약간 양호', '약간 불량', '불량', '매우 불량'으로 구분되고, 경사도는 '0~2%', '2~7%', '7~15%'로 구분된다.

지의 특성에 따른 사업효과를 분해하기 위한 모형이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 배수등급을 1단계('양호'<sup>11)</sup>), 2단계('약간 양호/약간 불량'), 3단계('불량/매우 불량')로 구분하고, 본래의 사업 대상지 선정 기준인 '배수등급 2단계'를 참조(기준) 범주로 설정하여 2개의 배수등급 더미변수(배수등급  $I_i$ , 배수등급  $III_i$ )를 모형에 추가하였다(식 (6)참조). 여기서, 배수등급  $I_i$ 는 배수가 '양호'한 논을 식별하는 더미변수이고, 배수등급  $III_i$ 는 배수등급이 '불량/매우 불량'인 논을 식별하는 더미변수이다.

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 P_{it} + \alpha_2 D_i + \alpha_3 (D_i * \text{배수등급 } I_i) + \alpha_4 (D_i * \text{배수등급 } III_i) + b_i + \tau_{it} \quad \text{식 (6)}$$

배수등급 외에 경사도 또한 기계작업 효율성과 지형의 지하수위 및 배수와 관련이 있는 요인으로서(김채수 외, 2002; 전현정 외, 2017) 사업성가에 영향을 줄 수 있다. 따라서 식 (6)에 처치변수와 경사도 더미변수의 교차항을 추가함으로써, 경사도별로 사업의 성과가 다르게 나타나는지 여부를 살펴보았다(식 (7) 참조). 경사도는 1단계(0~2%), 2단계(2~7%), 3단계(7~15%)로 구분되며,<sup>12</sup> 경사도 1단계를 참조 범주로 설정하였다. 경사가 있는 지형의 경우, 지하수위가 낮고 강우 시 토양 수분 배수가 더 용이하다(Rahardjo et al., 2005; 전현정 외, 2017). 따라서 두 변수 사이에 존재하는 상호작용 효과를 고려해 주기 위해 배수등급과 경사도의 교차항을 모형에 포함하였다.

$$y_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 P_{it} + \alpha_2 D_i + \alpha_3 (D_i * \text{배수등급 } I_i) + \alpha_4 (D_i * \text{배수등급 } III_i) + \alpha_5 (D_i * \text{경사도 } II_i) + \alpha_6 (D_i * \text{경사도 } III_i) + \alpha_7 (D_i * \text{배수등급 } I_i * \text{경사도 } II_i) + \alpha_8 (D_i * \text{배수등급 } I_i * \text{경사도 } III_i) + \alpha_9 (D_i * \text{배수등급 } III_i * \text{경사도 } II_i) + \alpha_{10} (D_i * \text{배수등급 } III_i * \text{경사도 } III_i) + b_i + \tau_{it} \quad \text{식 (7)}$$

이 경우, 준거그룹은 배수등급이 2단계이면서 경사도가 0~2%인 논이다(배수등급  $I_i$ , 배수등급  $III_i$ , 경사도  $II_i$ , 경사도  $III_i$ 가 모두 '0'). 식 (7)에서  $\alpha_3$ 와  $\alpha_4$ 는 각각 준거그룹과 배수등급 1단계 또는 3단계인 논 그룹과의 성과 차이를 의미한다. 이때 비교그룹의 경사도는 준거그룹과 마찬가지로 0~2%(경사도  $II_i=0$  and 경사도  $III_i=0$ )이다.  $\alpha_5$ 와  $\alpha_6$ 는 각각 준거그룹과 경사도가 2~7%인 그룹, 7~15%인 그룹과의 차이를 나타내고, 이때 비교그룹들의 배수등급은 참조그룹과 마찬가지로 2단계이다(배수등급  $I_i = 0$  and 배수등급  $III_i = 0$ ).  $\alpha_7$ - $\alpha_{10}$ 은 배수등급과 경사도의 교호작용을 의미한다.

예를 들어 배수등급이 1등급이고 기울기가 2~7%인 논의 사업성과( $\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3 + \hat{\alpha}_5 + \hat{\alpha}_7$ )는 참조그룹의 사업성과( $\hat{\alpha}_2$ )와  $\hat{\alpha}_3 + \hat{\alpha}_5 + \hat{\alpha}_7$  만큼 차이가 나며, 여기서  $\hat{\alpha}_3$ 와  $\hat{\alpha}_5$ 는 각각 배수등급과 경사도 차이 때문에 발생

11) 본 사업의 시행된 논 가운데 배수등급이 '매우 양호'한 표본은 존재하지 않았다.

12) 본래 경사도는 '0~2%(평탄 또는 준평탄)', '2~7%(매우 약한 경사)', '7~15%(약한 경사)', '15~30%(심한 경사)', '30~60%(심한 경사)', '60% 이상(매우 심한 경사)'로 구분되지만, 본 사업의 시행된 논 가운데 경사도가 '약한 경사'를 초과하는 표본은 존재하지 않았다.

하는 성과 차이이고,  $\hat{\alpha}_7$ 는 배수등급과 경사도의 상호작용으로 인해 발생하는 성과 차이이다. 추정식 (7)의 추정계수를 통해 추정된 논의 특성별 순수 사업성과는 <표 2>와 같다.<sup>13)</sup>

표 2. 논 특성별 순수사업성과

구분	경사도 $I_i$	경사도 $II_i$	경사도 $III_i$
배수등급 $I_i$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3 + \hat{\alpha}_5 + \hat{\alpha}_7$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_3 + \hat{\alpha}_6 + \hat{\alpha}_8$
배수등급 $II_i$	$\hat{\alpha}_2$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_5$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_6$
배수등급 $III_i$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4 + \hat{\alpha}_5 + \hat{\alpha}_9$	$\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4 + \hat{\alpha}_6 + \hat{\alpha}_{10}$

## 2.2. 사회후생 변화 추정

본 연구에서는 사업의 사회후생 변화를 추정하기 위해 앞 단계에서 추정된 사업성과를 균형대체모형에 적용하여 사업으로 인해 발생한 지역의 쌀시장 균형 변화를 분석한다. 균형대체모형은 사업 및 정책 시행과 같은 외부충격으로 인한 시장 균형을 파악하고 이에 따른 사회후생 변화를 계측하는 방법이다 (Lusk et al., 2011; 이계임 외, 2011; 안병일·최지현, 2014; 강민정 외, 2019). 쌀의 시장균형모형은 아래와 같이 쌀에 대한 공급 및 수요곡선, 가격함수로 구성된다.<sup>14)</sup> 여기서  $P_f$ 는 생산자 가격,  $P_r$ 은 소비자 가격,  $S_s$ 와  $S_d$ 는 각각 쌀 공급곡선과 수요곡선을 이동시키는 요인을 의미하고,  $m$ 은 쌀 생산자 가격과 소비자 가격간의 차이를 나타낸다. 식 (8)~식 (10)을 전미분하고 식의 왼쪽 변수로 각각 나누어주면 식 (11)~식 (13)과 같은 로그 변화분( $dlnX \approx \frac{dX}{X}$ )으로 표현되는 모형으로 전환된다.

$$Q = Q(P_f; S_s) : \text{공급곡선} \tag{식 (8)}$$

$$Q = Q(P_r; S_d) : \text{수요곡선} \tag{식 (9)}$$

$$P_r = P_f + m : \text{쌀에 대한 가격 관계} \tag{식 (10)}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{\partial Q}{\partial P_f} \frac{P_f}{Q} \frac{dP_f}{P_f} - \frac{\partial Q}{\partial S_s} \frac{S_s}{Q} \frac{dS_s}{S_s} \tag{식 (11)}$$

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{\partial Q}{\partial P_r} \frac{P_r}{Q} \frac{dP_r}{P_r} - \frac{\partial Q}{\partial S_d} \frac{S_d}{Q} \frac{dS_d}{S_d} \tag{식 (12)}$$

$$\frac{dP_r}{P_r} = \frac{dP_f}{P_f} \frac{P_f}{P_r} + \frac{dm}{m} \frac{m}{P_r} \tag{식 (13)}$$

<sup>13)</sup> 본 연구의 분석 자료의 경우, (배수등급 $I_i$ \*경사도 $II_i$ )외에 다른 교차조건을 만족하는 표본이 존재하지 않아 두 변수의 상호작용에 대한 효과를 추정하지 못하였다.

<sup>14)</sup> Lusk et al.(2011) p.295과 안병일·최지현(2014)의 연구방법론을 참고하여, 본 연구에 맞게 재구성하였다.

이는 다시 식 (14)~식 (16)과 같은 탄력성과 변화율로 구성된 모형으로 표시될 수 있다. 여기서  $EQ$ ,  $EP$ ,  $ES_s$ ,  $ES_d$ ,  $Em$ 은 모두 해당 변수의 변화율을 의미하며, 모수  $\epsilon_p$ ,  $\eta_p$ ,  $\epsilon_s$ ,  $\eta_d$ 는 각각 공급과 수요의 가격탄력성, 공급곡선과 수요곡선의 이동요인에 대한 탄력성을 의미한다. 또한, 파라미터  $\gamma$ 는 초기 균형상태에서 소매가격 대비 도매가격의 비율( $P_f/P_r$ )을 나타낸다.

$$EQ = \epsilon_p EP_f - \epsilon_s ES_s \quad \text{식 (14)}$$

$$EQ = \eta_p EP_r - \eta_d ES_d \quad \text{식 (15)}$$

$$EP_r = \gamma EP_f + (1 - \gamma) Em \quad \text{식 (16)}$$

본 연구와 같이 단일 시장에 하나의 상품만 존재한다고 가정한 경우, 균형대체모형의  $\epsilon_s$ 는  $-\epsilon_p$ 와 동일하므로(Lusk et al., 2011),<sup>15)</sup> 식 (14)와 식 (15)는 각각 식 (17)과 식 (18)로 변환될 수 있다.

$$EQ = \epsilon_p EP_f - \epsilon_p ES_s \quad \text{식 (17)}$$

$$EQ = \eta_p EP_r - \eta_p ES_d \quad \text{식 (18)}$$

다만, 본 연구와 같이 전국이 아닌 사업지구의 쌀 시장에만 국한하여 균형변화를 계측할 경우, 해당 지역의 쌀 생산량이 국내의 쌀 생산 부분에서 차지하는 비중은 미미하므로 지역의 쌀 생산량 증가는 시장 가격에 영향을 미치지 않는 것으로 가정할 수 있다(민선형 외, 2020). 따라서 사업으로 인한 사업 지구의 사회적 후생변화는 생산자후생 변화분만을 의미하고, 수요곡선 변화율과 가격변화율은 '0'이 되므로 균형 변화식은 아래의 식 (19)와 같이 단순화될 수 있다.

$$EQ = -\epsilon_p ES_s \quad \text{식 (19)}$$

또한 본 연구에서는 단수의 증가 뿐 아니라 기계구동시간 감소에 따른 생산비 절감도 공급곡선을 이동시키는 요인으로 작용한다. 이를 균형식에 적용해주기 위해서 기계구동시간의 감소로 X만큼 생산비용(임차료)이 덜 든다고 가정한다면, 식 (11)은 식 (20)과 같이 표현될 수 있다(안병일·최지현, 2014). 이를 다시 식 (17)에 대입하면, 식 (21)을 얻을 수 있다.

$$\frac{dQ}{Q} = \frac{\partial Q}{\partial P_f} \frac{P_f}{Q} \left( \frac{dP_f}{P_f} + \frac{X}{P_f} \right) - \frac{\partial Q}{\partial S_s} \frac{S_s}{Q} \frac{dS_s}{S_s} \quad \text{식 (20)}$$

$$EQ = \epsilon_p (EP_f + X/P_f) - \epsilon_p ES_s \quad \text{식 (21)}$$

식 (21)에 식 (19)와 마찬가지로 가격변화율은 '0'이라는 가정을 적용하면, 단수 증가와 기계구동시간

15) 이와 같은 등식은 가격변화가 없다고 가정한 경우 쉽게 증명된다. 가격변화가 없을 경우,  $EQ/ES_s = \epsilon_s$  인데, 여기서  $ES_s = (P'_0 - P_0)/P_0$  과 같이 가격 변화율을 의미하므로,  $\epsilon_s$ 는 결국 가격변화에 대한 공급변화율을 나타내는 가격탄력성을 의미한다. 다만,  $P'_0 < P_0$  이므로  $\epsilon_s = -\epsilon_p$  로 표현된다.

감소로 인한 균형 공급량 변화는 식 (22)를 이용하여 계산될 수 있다.

$$EQ = \epsilon_p X / P_f - \epsilon_p ES_s \tag{22}$$

마지막으로, 생산자잉여 변화분( $\Delta PS$ =면적 B)은 앞선 과정에서 구한  $EQ$  및  $ES_s$ 의 영향을 받아 식 (23)과 같이 계산될 수 있다.<sup>16)</sup>

$$\Delta PS = -ES_s P_0 (Q_0 + 0.5 \Delta Q) = -ES_s P_0 Q_0 (1 + 0.5 EQ)$$

$$\text{where } ES_s = \frac{(P'_0 - P_0)}{P_0}, \quad EQ = \frac{\Delta Q}{Q_0} \tag{23}$$

### 2.3. 경제성 분석

암거배수시설과 같이 편익이 다년간에 걸쳐 발생하는 경우, 사업의 경제성을 분석하기 위해서는 미래에 발생하는 비용과 편익을 현재가치화하는 작업이 필요하다. 본 연구에서는 식 (24)를 활용하여 내구연한 동안 발생하는 사업의 순편익을 현재가치로 환산하였다. 본 사업의 내구연한은 한국농어촌공사의 전문가 인터뷰를 참고하여 30년으로 가정하였고, 사회적 할인율은 기획재정부 훈령 제587호 「예비타당성 조사 수행 총괄지침」에 따라 4.5%로 가정하였다.<sup>17)</sup>

$$\text{사업의 총 순편익} = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{NB_t}{(1+r)^t} \tag{24}$$

$B_t$ ,  $C_t$ ,  $NB_t$ 는 각각  $t$ 차 사업 시행연도에 발생하는 편익, 비용, 순편익을 의미한다.  $r$ 은 사회적 할인율을 나타내며,  $T$ 는 사업성고가 소멸될 때까지 소요되는 시간, 즉, 내구연한을 의미한다.

16) 본래 생산자 후생 변화는  $\Delta PS = (\Delta P - ES_s P_0)(Q_0 + 0.5 \Delta Q) = P_0 Q_0 (EP - ES_s)(1 + 0.5 EQ)$ 를 통해 계산되지만(Lusk et al., 2011), 본 연구는 가정들로 인해  $\Delta P$ 와  $EP$ 가 '0'이므로 계산식이 식 (23)과 같이 변환된다.

17) 순편익의 현재가치는 사업의 내구연수 동안 발생하는 편익의 현재가치 총액에서 비용의 현재가치 총액을 뺀 차액을 의미하고, 계산 결과가 정(+)의 수치가 나오면 적용된 할인율(자본의 기회비용)하에서 투자할 가치가 있는 사업으로 판단할 수 있다.

### 3. 분석 자료

본 연구는 분석 자료로 암거배수시설 시범사업<sup>18)</sup> 참여 농가들을 대상으로 농어촌연구원이 실시한 설문조사 자료를 활용하였다. 주요 조사 내용은 <표 3>과 같으며,<sup>19)</sup> 조사대상 42개 농가 중 분석대상은 응답에 오류가 없거나 모든 필지에 사업을 시행한 농가를 제외한 32개 농가이다.<sup>20)</sup>

표 3. 주요 조사 내용

조사 항목	세부 내용
① 응답자특성	성별, 연령, 영농 경력 등
② 사업 미시행 논 위치	사업 미시행 논 위치
③ 생산관련 사업성과	사업 전후 수확시기 기계 구동시간과 단수
④ 시설 유지비 및 수리비	시설 유지를 위한 비용과 수리(修理)비용

처치그룹(사업 시행 논)과 통제그룹(사업 미시행 논)에 대한 배수등급 및 경사도를 조사하기 위해 논 위치 정보와 농촌진흥청에서 제공되는 토양도 정보를 활용하여 자료를 구축하였다.<sup>21)</sup> 농촌진흥청 토양환경지도는 배수등급, 경사도, 심도 및 표토 특성 등을 제공하는 공간정보데이터베이스로서 사이트에서 해당 지번을 검색하거나, GIS프로그램을 활용하여 필지에 대한 토양 정보를 수집할 수 있다. 지번 정보가 있는 경우, 농촌진흥청의 흙토람 사이트에서 지번을 검색하여 해당 논에 대한 배수등급과 경사도 정보를 확보하였다. 지번 정보를 전혀 제공하지 않은 논인 경우, 논이 위치한 마을(리)의 평균 배수등급(경사도)으로 자료를 대체하였다. 평균 배수등급(경사도)은 농촌진흥청에서 제공하는 토양도의 배수등급(경사도) 지도와 국토교통부에서 제공하는 연속지적도를 GIS를 통해 중첩하여 구축하였다.

상기 과정을 거쳐 구축된 처치 및 통제그룹의 배수등급과 경사도별 분포는 <표 4>와 같다. 처치그룹에서 가장 큰 비중을 차지하는 배수등급은 ‘배수등급II(약간 양호/약간 불량)’(53.13%)이며, 경사도의 경우 ‘경사도I(0~2%)’(65.63%) 구간에 표본이 집중되어 있었다. 통제그룹의 경우, 배수등급은 ‘배수등급II(약간 양호/약간 불량)’(71.88%), 경사도는 ‘2~7%(43.75%)’인 논 비중이 가장 큰 것으로 나타났다.

18) 시범사업지구는 경상북도 상주시 공검면과 오태면(2개 면 5개 리)의 일원으로 구성되어 있으며, 사업 수혜면적은 55.6ha이다. 이 지역은 논이 오태저수지 밑에 위치하고 있어 평상시(또는 강우시) 상습침수와 습답화 문제를 겪고 있다.

19) 사업 미시행 논 위치는 토양도에서 통제그룹의 배수등급 및 경사도 정보를 조회하기 위해 조사하였다. 시설 유지비 및 수리비는 후생변화 분석 시, 공사비용 외 추가적으로 소요되는 비용을 적용하기 위해 조사하였다. 하지만 응답자 대부분이 아직 시설 준공 시점이 얼마 지나지 않아 수리비용이 발생하지 않았다고 응답하여 분석에 활용하지 못하였다.

20) 응답을 거부하거나 소유한 모든 논에 사업을 진행한 농가의 경우, 처치그룹에 대비되는 통제그룹을 구성할 수 없어 분석에서 제외하였다.

21) 본 연구에서는 한국농어촌공사를 통해 사업이 시행된 논 지번 정보를 수집하였고, 비수혜 논 위치 정보는 설문조사를 통해 수집하였다. 농가가 사업 미시행 논 지번을 정확히 모르는 경우, 지번 대신 대략적인 논 위치 또는 논이 위치한 마을(리)의 정보를 활용하여 배수등급 및 경사도 정보를 구축하였다. 대략적인 위치를 대담한 농가의 경우(예, 사업 시행 논 반경 300m 이내), 토양도의 거리(반경)측정 기능을 활용하여 위치 조건을 만족하는 논 배수등급 자료를 통제그룹의 배수등급(경사도) 자료로 대체하였다. 논 위치를 정확히 모르더라도 논 대략적인 위치를 파악할 수 있다면, 그 위치점 주변 논들은 유사한 배수등급(경사도)을 가지고 있으므로 이를 사업 미시행 논 배수등급(경사도)자료로 활용할 수 있다.

표 4. 처치 및 통제그룹의 배수 및 경사도 단계별 분포

단위: %

배수등급			경사도		
구분	처치그룹	통제그룹	구분	처치그룹	통제그룹
배수등급I (매우 양호/양호)	15.62	12.49	경사도 I (0~7%)	65.63	43.75
배수등급II (약간 양호/약간 불량)	53.13	71.88	경사도II (2~7%)	25.00	31.25
배수등급III (불량/매우 불량)	31.25	15.63	경사도III (7~15%)	9.38	25.00
전체	100.0	100.0	전체	100.0	100.0

분석에 활용된 변수들의 기초 통계는 <표 5>와 같으며, 분석대상 농가(32개 농가)의 사업 시행 논과 사업 미시행 논이 각각 처치그룹과 통제그룹의 구분되므로, 각 그룹별 샘플의 크기는 32개로 동일하다. 배수등급을 나타내는 더미변수의 경우, 암거배수시설 설치 기준인 ‘배수등급 II(약간 양호/약간 불량)’을 참조 범주로 활용하여, ‘배수등급 I’, ‘배수등급 III’으로 구분된다.

표 5. 이중차분법 분석에 활용된 변수의 기초 통계

변수	설명	평균	SD
그룹 구분	통제그룹(사업 미수혜 논)=0, 처치그룹(사업 수혜 논)=1	0.50	0.50
사업 여부	사업 전(2016~2017년)=0, 사업 후(2018~2019년)=1	0.50	0.50
배수등급 I	‘양호’인 경우=1 그렇지 않을 경우=0	0.14	0.34
배수등급 III	‘불량’, ‘매우 불량’인 경우=1 그렇지 않을 경우=0	0.23	0.42
경사도 II	논의 경사도가 2~7%인 경우=1 그렇지 않을 경우=0	0.36	0.48
경사도 III	논의 경사도가 7~15%인 경우=1 그렇지 않을 경우=0	0.19	0.39
관측치 수	256개(32농가*2그룹*4개년)		

사회후생 변화분석을 위해 사용된 자료와 모수는 다음과 같다. 가격은 3개 연도(2016~2018년)의 산지 수확기 쌀 가격의 평균값을 사용하였다. 쌀 공급의 가격탄력성은 KREI-KASMO 2016년 모형에서 제시한 값을 활용하였다. 순편익 계산에 필요한 사업비용은 농어촌연구원을 통해 수집하였으며, 본 사업의 사업면적은 55.6ha로 이에 대한 총 사업비용은 28억 원이다.

사업 전 생산량과 기계구동 시간은 사업 대상지의 2016~2017년도 평균 생산량(723kg/ha)과 평균 기계구동시간(425분/ha)을 활용하여 구축되었다. 사업 후 생산량과 기계구동시간은<sup>22)</sup> ① 평균효과 추정결과를 적용한 경우(식 (5)), ② 배수등급이 2단계인 논에만 사업이 시행되었을 경우(식 (6)), ③ 배수등급이 2단계이면서 경사도가 2% 이하인 논에 사업이 시행되었을 경우(식 (7))로 구분하여 분석되었다.

사업대상지의 조건을 고려하지 않았을 경우, 사업 후 생산량은 사업 전 생산량에 평균 단수효과(188kg/ha<sup>23)</sup>)를 더한 사업 후 단수(7,418kg/ha)와 사업면적을 활용하여 계산된다. 배수등급을 고려

22) 기계구동시간 감소로 인한 생산비 절감 효과는 기계가동시간 절감으로 인한 에너지 사용량 감소, 자가노동비 감소, 기계감가상각비 감소 등을 통해 나타난다. 하지만 각 항목별 데이터 구축의 제약으로 인하여 본 연구에서는 이에 대한 대안으로 기계임차료 감소분을 기계가동시간이 줄어들어 발생한 생산비 절감분의 대리변수(proxy)로 활용하였다.

23) 1ha=100a이므로, 10a당 효과를 나타내는 추정계수에 10을 곱한 값을 ha당 효과라고 할 수 있다.

하여 배수상태가 ‘약간 양호/약간 불량(배수등급 2단계)’인 논에 사업이 시행된 경우, 사업 후 생산량은 ‘배수등급 2단계’ 논에 대한 단수효과(약 278kg/ha)와 사업 시행면적을 곱하여 계산될 수 있다. 배수등급과 경사도를 모두 고려한 경우는 배수상태가 ‘약간 양호/약간 불량’이고 경사도가 0~2%인 논에 사업이 시행되었을 경우를 의미한다. 단수효과의 경우, 경사도별 사업성과 차이가 유의미하지 않으므로, 해당 조건을 만족하는 논에 대한 단수효과는 ‘배수등급 2단계’ 논에 대한 단수효과와 동일하게 설정하였다.

기계 임차료 절감분을 균형 변화식에 적용하기 위해서는 쌀 1kg을 생산하는데 사업 전후 기계임차료가 얼마나 감소했는지 파악해야 한다.<sup>24)</sup> 수확작업에 투입된 기계의 시간당 임차료는 2016년 농산물생산비조사<sup>25)</sup>를 활용하여 20,916원으로 도출되었다. 이를 분당으로 환산하여(약 349원/분), 사업 전후 기계 구동시간에 곱해줌으로써, 사업 전후의 ha당 기계임차료를 계산할 수 있다. 사업 전후의 kg당 기계임차료는 계산된 ha당 기계임차료를 ha당 단수로 나눠줌으로써 계산된다.

표 6. 사회후생 변화 분석을 위한 주요 모수 및 초기값

구분	설명		계측값	
가격 <sup>1)</sup>	2016~2018년 산지 쌀가격 평균		1,986원/kg	
$\epsilon_p$ <sup>2)</sup>	쌀 공급의 가격탄력성		0.11	
생산량	사업 전	사업면적 55.6ha × 단수 7,230kg/ha	401,988kg	
	사업 후	평균 효과	사업면적 55.6ha × 단수 7,418kg/ha	412,413kg
		배수등급	사업면적 55.6ha × 단수 7,508kg/ha	417,467kg
		배수등급+경사도	사업면적 55.6ha × 단수 7,508kg/ha	417,467kg
기계 임차료	사업 전	425분/ha × 349원/분 ÷ 단수 7,230kg/ha	20.49원/kg	
	사업 후	평균 효과	359분/ha × 349원/분 ÷ 단수 7,418kg/ha	16.87원/kg
		배수등급	357분/ha × 349원/분 ÷ 단수 7,608kg/ha	16.59원/kg
		배수등급+경사도	342분/ha × 349원/분 ÷ 단수 7,527kg/ha	15.85원/kg
사업비용	사업 면적 55.6ha에 대한 총 사업비용		28.5억 원	

주 1) 농림축산식품부(2019). 양정자료 2019.

2) 서홍석, 김충현(2016)의 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2016 운용 개발 연구에서 제공하는 탄력성을 차용하였다.

24)  $EQ = \epsilon_p X / P_f - \epsilon_p ES_s$  이고  $P_f$  는 kg당 가격이므로, 기계구동시간 감소로 인해 절감된 생산비용  $X/kg$ 을 파악해야 한다.

25) 본 연구는 설문을 통해 수확시기의 기계 구동 감소 시간을 조사했으므로 수확기(9~10월) 수확 작업에 대한 기계 임차료 정보가 필요하다. 하지만 2017년도부터 기계 임차비용이 월별로 제공되지 않아 해당 금액이 어떤 작업에 대한 임차료인지 파악이 불가능하므로 2016년 자료를 활용하였다.

## 4. 분석 결과

### 4.1. 사업성과 분석결과

본 연구의 분석결과는 단수효과와 기계구동시간효과 추정결과로 구분된다(〈표 7〉과 〈표 8〉참조). 추정결과의 3개의 모형으로 구분되며, 각각 식 (5), 식 (6), 식(7)을 추정한 결과이다.<sup>26)</sup> 그룹(처리/통제)과 사업(전/후)만을 고려한 ‘모형 I’ 추정결과, 통계적으로 유의하게 배수개선사업으로 인한 순 사업성과는 18.75kg/10a( $\hat{\alpha}_2$ )인 것으로 분석되었다.

‘모형 II’는 ‘모형 I’에 배수등급을 더미변수로 추가한 모형으로서 배수등급 구분 없이 모든 논에 대한 평균 효과를 추정한 ‘모형 I’과 달리 ‘모형 II’는 사업성과를 논외 배수등급별로 분해한 결과로 해석될 수 있다. 분석결과, 처리그룹의 논 중 배수등급이 ‘약간 양호/약간 불량’인 논(준거그룹: 배수등급 I=0 and 배수등급 III=0)의 순 사업효과( $\hat{\alpha}_2$ )는 27.84kg/10a, ‘배수등급 3단계(불량/매우 불량)’인 논외의 순 사업효과( $\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4$ )는 -2.07kg/10a인 것으로 나타났다.

즉, 배수등급이 ‘불량/매우 불량’인 논외에 대한 사업효과는 음(-)으로 나타났으며, 이에 대한 추정치들은 모두 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다. 본 연구의 분석 대상인 암거배수시설은 지하수위 저하와 토양속의 정체수 제거에 그 목적이 있으며, 시설 설치 후 필지 내 토양 이동을 발생시킨다.<sup>27)</sup> 이러한 토양 이동이 안정화되기 전까지는 생산성 감소가 발생할 수 있으며,<sup>28)</sup> 배수등급이 ‘약간 불량’이상으로 좋지 않은 논은 다른 배수등급의 논보다 토양 안정화 이루어지기 어려워 사업효과가 음(-)으로 나타난 것으로 사료된다.<sup>29)</sup>

‘모형 III’는 ‘모형 II’에 경사도 관련 변수를 추가한 모형으로 사업 수혜 논 중 배수등급이 ‘약간 양호/약간 불량’이고 경사도가 2% 이하인 논(준거그룹: 배수등급I, III=0 and 경사도II, III=0)의 순 사업효과( $\hat{\alpha}_2$ )는 29.69kg/10a으로 분석되었다. 준거그룹과 경사도는 동일하지만 배수등급이 3단계(불량/매우 불량)인 논외의 경우, 준거그룹보다 통계적으로 유의하게 사업효과가 31.75kg/10a( $\hat{\alpha}_4$ )만큼 감소하여, 사업 후 오히려 단수가 2.60kg/10a( $\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4$ )만큼 감소하는 것으로 나타났다.

26) 패널회귀분석에 앞서 가설검정(Hausman-test)을 통해 모형 적합도를 확인하였다. 모든 모형에 대한 Hausman-test 결과, p값이 0.0~0.1보다 작게 나와 1~10% 유의수준에서 귀무가설( $H_0 : cov(x_{it}, u_i) = 0$ )이 기각되었다. 따라서 확률효과 모형은 일치추정량이 아니므로 본 연구에서는 고정효과 모형을 사용하여 추정결과를 제시하였다.

구분	단수			기계구동시간		
	모형1	모형2	모형3	모형1	모형2	모형3
P-value	0.04	0.01	0.09	0.01	0.00	0.02

27) 일반적으로 이와 같은 토양 이동이 안정화되기까지는 2~3년 이상이 소요된다.

28) 배수개선사업 뿐만 아니라 경지정리사업의 경우에도 표토를 20cm만 걷어내도 1~2년 안에는 생산량이 최대 30%까지 줄어들 수 있다.

29) 이와 같은 내용은 한국농어촌공사 토목 관련 담당자들의 의견을 정리한 것으로 이를 뒷받침할 수 있는 객관적 자료 구축을 위한 연구가 필요하다고 생각된다.

‘모형 II’와 ‘모형 III’의 추정결과를 비교해보면, 배수등급이 2단계이면서 경사도가 2% 이하인 논외의 단수효과(29.69kg/10a)는 배수등급이 2단계인 논외의 단수효과(27.84kg/10a)보다 크게 나타났다. 하지만 경사도별 사업효과 차이가 유의하지 않은 것으로 나타나, 동일한 배수등급 내에서 경사도에 따른 유의미한 단수효과 차이는 없는 것으로 해석된다.

모든 모형에서 이중차분계수  $\hat{\alpha}_2$ 는 통계적으로 유의하게 나타나, 배수개선사업으로 인해 사업지구의 쌀 생산성은 증가했다고 평가될 수 있다. 또한, 배수등급별 사업효과에는 유의미한 차이가 있는 것으로 분석되었고, 배수등급이 2단계일 경우 가장 큰 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 효과적이고 효율적인 사업 수행을 위해서는 논지의 배수등급 조건을 참고하여 사업 대상지를 선정할 필요가 있음을 의미한다.

표 7. 단수 증가 효과에 대한 이중차분법 추정결과

변수		Model 1	Model 2	Model 3
사업	$\hat{\alpha}_1$	6.56	6.56	6.56
		(4.44)	(4.34)	(4.34)
사업*그룹	$\hat{\alpha}_2$	18.75***	27.84***	29.69***
		(6.28)	(73.7)	(8.32)
사업*그룹*배수등급I	$\hat{\alpha}_3$		1.58	-30.00
			(12.50)	(34.76)
사업*그룹*배수등급III	$\hat{\alpha}_4$		-29.91***	-31.75***
			(9.79)	(10.52)
사업*그룹*경사도II	$\hat{\alpha}_5$			-6.25
				(14.19)
사업*그룹*경사도III	$\hat{\alpha}_6$			-6.25
				(25.59)
사업*그룹*배수등급I*경사도II	$\hat{\alpha}_7$			45.00
				(38.87)
사업*그룹*배수등급I*경사도III	$\hat{\alpha}_8$			(omitted)
사업*그룹*배수등급III*경사도II	$\hat{\alpha}_9$			(omitted)
사업*그룹*배수등급III*경사도III	$\hat{\alpha}_{10}$			(omitted)
상수	$\hat{\alpha}_0$	725.16***	725.16***	725.16***
		(2.22)	(2.17)	(2.17)
$R^2$	within	0.15	0.19	0.21
	between	0.00	0.04	0.03
	overall	0.02	0.05	0.05
F값		17.34	11.67	7.08
관측치 수		256		

주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 유의함을 의미한다.  
 2) ()는 표준오차를 의미한다.  
 3) 본 연구의 분석 자료의 경우, (배수등급 $I_i$ \*경사도 $II_i$ )외에 다른 교차조건을 만족하는 표본이 존재하지 않아 두 변수의 상호작용에 대한 효과를 추정하지 못하였다.

단수효과와 마찬가지로, 사업의 기계구동시간 감소 효과도 사업 처치만을 고려한 ‘모형 I’, 배수등급을 고려한 ‘모형 II’, 배수등급과 경사도를 고려한 ‘모형 III’로 구분된다. 추정결과 사업 후 수확기 기계구동시간은 평균적으로 6.61분/10a 감소하는 것으로 나타났다. 습답으로 인한 기계 빠짐 현상이 개선됨에 따라 통계적으로 유의하게 기계구동시간이 감소한 것이다.

‘모형 II’ 추정결과, 배수등급이 2단계인 논(준거그룹: 배수등급I, III=0)의 기계구동시간은 통계적으로 유의하게 6.77분/10a 감소하는 것으로 나타났다. 하지만, ‘배수등급 2단계’ 논과 그렇지 않은 논과의 유의미한 효과 차이는 없는 것으로 분석되었다.

표 8. 기계구동시간 감소 효과에 대한 이종차분법 추정결과

변수		Model 1	Model 2	Model 3
사업	$\hat{\alpha}_1$	0.00	0.00	0.00
		(0.67)	(0.67)	(0.65)
사업*그룹	$\hat{\alpha}_2$	-6.61***	-6.77***	-8.27***
		(0.95)	(1.17)	(1.33)
사업*그룹*배수등급I	$\hat{\alpha}_3$		-2.11	0.00
			(1.88)	(4.94)
사업*그룹*배수등급III	$\hat{\alpha}_4$		1.52	3.01*
			(21.49)	(1.60)
사업*그룹*경사도 II	$\hat{\alpha}_5$			3.17
				(2.10)
사업*그룹*경사도 III	$\hat{\alpha}_6$			8.27**
				(3.68)
사업*그룹*배수등급I*경사도II	$\hat{\alpha}_7$			-6.00
				(5.53)
사업*그룹*배수등급I*경사도III	$\hat{\alpha}_8$			(omitted)
사업*그룹*배수등급III*경사도II	$\hat{\alpha}_9$			(omitted)
사업*그룹*배수등급III*경사도III	$\hat{\alpha}_{10}$			(omitted)
상수	$\hat{\alpha}_0$	39.21***	39.21***	39.21***
		(0.34)	(0.33)	(0.32)
$R^2$	within	0.36	0.37	0.42
	between	0.02	0.01	0.02
	overall	0.01	0.01	0.01
F값		48.13	25.12	17.36
관측치 수		232		

주 1) \*, \*\*, \*\*\*는 각각 유의수준 10%, 5%, 1%에서 유의함을 의미한다.

2) ( )는 표준오차를 의미한다.

3) 기계구동시간에 대한 사업효과의 경우, 콤바인이 아닌 트랙터를 사용하여 수확하는 6개 농가는 분석에서 제외하였다.

4) 본 연구의 분석 자료의 경우, (배수등급 $I_i$ \*경사도 $II_i$ )외에 다른 교차조건을 만족하는 표본이 존재하지 않아 두 변수의 상호작용에 대한 효과를 추정하지 못하였다.

배수등급이 2단계이면서 경사도가 2%이하인 논(준거그룹: 배수등급I, III=0 and 경사도II, III=0)의 경우, 사업 후 기계구동시간이 8.27분/10a 감소하였다. 준거그룹보다 배수등급이 낮거나 경사도가 큰 논인 경우, 통계적으로 유의하게 기계구동시간이 각각 3.01분/10a( $\hat{\alpha}_4$ ), 8.27분/10a( $\hat{\alpha}_6$ ) 증가하는 것으로 분석되어, 준거그룹보다 유의미하게 사업효과가 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 배수등급이 3단계이고 경사도가 2% 이하인 논인 기계구동시간은 사업 후 5.26분/10a( $\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_4$ )감소하고, 배수등급이 2단계이고 경사도가 7~15%인 논인 기계구동시간은 사업 전후 변화가 없는 것으로 분석되었다.<sup>30)</sup> 배수등급보다 경사도에 따른 기계구동시간 감소 효과의 차이가 큰 것으로 보아, 기계구동시간은 배수등급보다 경사도의 영향을 많이 받는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 기계 효율성 효과를 고려해 주기 위해서는 사업대상지 선정 시 배수등급 뿐만 아니라 경사도도 고려될 필요성이 있음을 시사한다.

#### 4.2. 사회적 후생 변화 분석결과

사업대상지 55.6ha에 암거배수시설이 설치될 경우, 공사가 시작되는 0차년도에는 사업비용만 소요되므로 사업으로 인한 편익은 발생하지 않는다. 편익은 시설이 준공된 1차년도부터 발생하며, 사업의 내구연한(30년차)기간 동안 매년 1.922억 원씩 발생하는 것으로 분석되었다. 이 중 사업의 단수효과로 인해 발생한 효과액은 1.907억 원이고, 기계구동시간 감소로 생산비가 감소하여 발생한 효과액은 0.015억 원인 것으로 나타났다(〈표 9〉 참조).

앞선 이중차분법 분석결과에서 사업의 효과는 배수등급이 2단계(약간 양호/약간 불량)이거나 경사도가 0~2%인 논에서 증가하는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 사업대상지의 조건에 따라 사업의 순편익이 얼마나 증가하는지 살펴보기 위하여 “①배수등급이 2단계인 논에 사업이 시행된 경우”와 “②배수등급이 2단계이고 경사도가 2% 이하인 논에 사업이 시행된 경우”에 대한 사회후생 변화를 각각 분석하여 비교하였다.

30)  $\hat{\alpha}_2 + \hat{\alpha}_6 = 0$ 이므로 경사도가 7~15%인 논인 사업 전후 기계구동시간은 변화가 없다.

표 9. 평균 효과를 적용한 사업차수에 따른 연간 사회후생 변화액 추이 및 총액

단위: 억 원

차수	생산자 후생 증가분			현재가치금액 <sup>1)</sup>		
	단수 증가 효과	기계구동시간 감소 효과	총 생산자후생 증가분	총 생산자후생 증가분	사업비용	순편익
0차	0.000	0.000	0.000	0.000	28.500	-28.500
1차	1.907	0.015	1.922	1.839	0.000	1.839
...	...	...	...	...	...	...
20차	1.907	0.015	1.922	0.762	0.000	0.762
...	...	...	...	...	...	...
30차	1.907	0.015	1.922	0.513	0.000	0.513
합계	57.210	0.450	57.660	31.299	28.500	2.799

주 1) 할인율을 4.5%로 가정하여 현재가치로 환산한 값으로, 모든 값은 반올림되었다.

배수등급이 2단계인 논에만 사업이 시행될 경우, 매년 발생하는 총 사회후생 변화액은 평균 효과를 적용한 경우보다 약 49.1% 증가한 2.865억 원이다(〈표 10〉 참조). 이와 같은 결과는 배수등급을 고려해줌으로써 단수 증가와 기계구동시간 감소로 인한 편익이 각각 약 49%(0.941억 원), 13%(0.002억 원) 증가했기 때문이다. 각각의 효과로 인하여 매년 발생하는 총 편익은 단수효과인 경우 2.848억 원, 기계구동시간 효과인 경우 0.017억 원으로 추정되었다.

배수등급과 경사도를 모두 고려할 경우, 매년 발생하는 생산자 후생은 2.868억 원으로, 이는 논의 특성을 고려하지 않은 경우보다 약 49.2%, 배수등급만 고려한 경우보다 약 0.1% 큰 금액이다(〈표 11〉 참조). 이 경우, 단수 증가와 기계구동시간 감소로 인한 편익은 각각 2.848억 원, 0.020억 원이다. 배수등급만 고려한 경우와 분석 결과를 비교하면, 단수효과는 경사도별로 차이가 없으므로 이에 의한 후생변화액은 변화가 없으며, 기계구동시간 감소로 인한 후생은 약 17.7%(0.003억 원) 증가한 것으로 추정되었다.

표 10. 배수등급을 고려한 경우, 사업차수에 따른 연간 사회후생 변화액 추이 및 총액

단위: 억 원

차수	생산자 후생 증가분			현재가치금액 <sup>1)</sup>		
	단수 증가 효과	기계구동시간 감소 효과	총 생산자후생 증가액	총 생산자후생 증가액	사업비용	순편익
0차	0.000	0.000	0.000	0.000	28.500	-28.500
1차	2.848	0.017	2.865	2.741	0.000	2.741
...	...	...	...	...	...	...
20차	2.848	0.017	2.865	1.137	0.000	1.137
...	...	...	...	...	...	...
30차	2.848	0.017	2.865	0.765	0.000	0.765
합계	85.440	0.510	85.950	46.663	28.500	18.163

주 1) 할인율을 4.5%로 가정하여 현재가치로 환산한 값으로, 모든 값은 반올림되었다.

표 11. 배수등급과 경사도 조건을 고려한 경우, 사업차수에 따른 연간 사회후생 변화액 추이 및 총액

단위: 억 원

차수	생산자 후생 증가분			현재가치금액 <sup>1)</sup>		
	단수 증가 효과	기계구동시간 감소 효과	총 생산자후생 증가분	총 생산자후생 증가분	사업비용	순편익
0차	0.000	0.000	0.000	0.000	28.500	-28.500
1차	2.848	0.020	2.868	2.744	0.000	2.744
...	...	...	...	...	...	...
20차	2.848	0.020	2.868	1.138	0.000	1.138
...	...	...	...	...	...	...
30차	2.848	0.020	2.868	0.766	0.000	0.766
합계	85.440	0.600	86.040	46.712	28.500	18.212

주 1) 할인율을 4.5%로 가정하여 현재가치로 환산한 값으로, 모든 값은 반올림되었다.

사업의 총 순편익의 현재가치의 경우, 사업 대상지 조건을 고려하지 않은 경우, 배수등급만 고려한 경우, 배수등급과 경사도를 모두 고려한 경우로 구분된다. <표 12>와 같이 3가지의 경우에 대한 각각의 총 순편익은 2.799억 원, 18.163억 원, 18.212억 원으로 나타나 사업의 경제성이 확보되었다고 판단할 수 있다.

표 12. 사업대상지 선정 조건에 따른 사업의 후생 효과(순편익) 비교

단위: 억 원

구분	총 순편익	ha당 순편익	연평균 순편익	매년 ha당 순편익
배수등급과 경사도를 고려하지 않은 경우	2.799	0.050	0.093	0.0016
배수등급이 2단계인 경우	18.163	0.327	0.605	0.0108
배수등급이 2단계이고 경사도가 0~2%인 경우	18.212	0.328	0.607	0.0109

- 주 1) 순편익은 내구연한 30년 동안 매년 발생하는 금액에 할인율 4.5%를 적용하여 현재가치로 환산한 후 합산한 금액이다.
- 2) ha당 순편익은 총 후생변화액을 사업시공면적 55.6ha로 나눈 값이다.
- 3) 연평균 순편익은 총 후생변화액을 사업내구연한 30년으로 나눈 값이다.
- 4) 매년 ha당 순편익은 연평균 금액을 사업시공면적 55.6ha 나눈 값으로, 이는 ha당 순편익을 사업내구연한으로 나눈 값과 동일하다.

사업의 순편익은 사업대상지의 조건이 추가될수록 증가한다. 다만, 그 증가 폭의 경우, 배수등급을 고려할 경우(15.364억 원<sup>31)</sup>)가 경사도 조건을 고려할 경우(0.049억 원<sup>32)</sup>)보다 더 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 사업의 편익 중 큰 비중을 차지하는 단수효과의 후생증가분이 배수등급의 영향을 받기 때문이다. 사업 참여 농가가 매년 ha당 얻게 되는 편익은 사업 대상지 조건을 고려하지 않은 경우 약 16만 원, 배수등급이 2단계인 논에만 사업이 이루어지는 경우 약 108만 원, 배수등급이 2단계이고 경사도가 0~2%인 논에서만 사업이 이루어지는 경우 약 109만 원으로 계산되었다.

31) '평균효과를 적용한 경우'와 '배수등급이 2단계인 논에 사업이 시행된 경우'의 차이를 의미한다.

32) '배수등급만 고려한 경우'와 '배수등급과 경사도를 모두 고려한 경우'의 차이를 의미한다.

## 5. 요약 및 결론

본 연구는 암거배수시설의 사업성과(생산효과 및 후생효과)를 추정한 후, 추정 결과를 활용하여 사업의 경제성을 분석하였다. 암거배수시설의 생산 효과로는 단수 증가효과와 기계구동시간 감소효과를 들 수 있으며, 사업 성과의 분석에는 이중차분법과 균형대체모형이 적용되었다.

분석결과, 사업 후의 단수는 사업 전보다 평균적으로 18.75kg/10a 증가하는 것으로 추정되었다. 이와 같은 단수효과가 논의 배수상태에 따라 다르게 나타나는지 분해하여 살펴본 결과, 배수가 '불량/매우 불량'인 논의 단수효과(-0.27kg/10a)는 기존의 사업 대상 기준인 배수상태가 '약간 양호/약간 불량'인 논의 단수효과(27.84kg/10a)보다 통계적으로 유의하게 작아지는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 효과적인 사업 수행을 위해서는 사업 대상지의 배수 조건(배수등급이 '약간 양호/약간 불량'인 논)을 참고하여 대상지를 선정할 필요가 있음을 시사한다.

기계구동시간의 경우, 사업 후 습답으로 인한 기계 빠짐이 해소되면서 6.61분/10a 감소하는 것으로 분석되었다. 이와 같은 효과는 배수등급이 '약간 양호/약간 불량'이면서 경사도가 0~2%인 논에서 (-8.27분/10a) 가장 큰 것으로 분석되었다. 또한, 경사도가 커지거나 배수등급이 감소할 경우, 사업의 기계구동시간 효과는 감소하는 것으로 나타났다. 기계구동시간 감소 효과는 배수등급(3.01분/10a)보다 경사도(8.27분/10a)별로 차이가 크게 나타났으며, 이는 기계효율성이 논의 특성 중 경사도의 영향을 많이 받기 때문인 것으로 판단된다. 특히, 경사도가 7~15%인 논의 경우 통계적으로 유의하게 사업 전후 기계구동시간의 변화가 없는 것으로 분석되었다. 따라서, 기계화 효율성과 관련된 사업성과를 제고하기 위해서는 경사도가 7% 이하인 논을 사업 대상지로 선정하는 방안을 고려해볼 수 있으며, 이는 이준용 외(2014)가 제안한 농기계의 효율적 이용이 가능한 조건<sup>33)</sup>과 동일한 기준이다.

사업효과에 따른 지역의 쌀시장 균형 변화로 인한 내구연한 30년 기준 생산자 후생은 31.299억 원 증가하였고, 이에 대한 순편익은 2.799억 원으로 분석되었다. 배수등급을 고려하여, 배수상태가 '약간 양호/약간 불량'인 논에만 사업이 시행될 경우, 총 순편익은 배수등급을 고려하지 않은 경우보다 15.364억 원 증가한 18.163억 원으로 분석되었다. 배수등급과 경사도를 모두 고려하여, 배수상태가 '약간 양호/약간 불량'하고 경사도가 2% 이하인 논에 사업이 시행될 경우의 순편익은 배수등급만 고려한 경우보다 0.049억 원 증가한 18.212억 원으로 나타났다.

세 가지 경우에 대한 순편익은 모두 양수로 분석되어 암거배수시설사업의 경제적 타당성이 있다고 판단할 수 있다. 또한, 이러한 편익은 사업대상지의 배수등급과 경사도를 고려했을 경우 증가하였다. 그 증가폭은 배수등급을 고려한 경우가 경사도를 고려한 경우보다 크게 나타났으며, 이는 배수등급의 영향만 받는 단수효과의 편익이 기계구동시간 감소로 발생한 편익보다 크기 때문이다. 이와 같은 결과는 사업 효과 제고를 위한 사업 대상지 선정 기준 중 단수효과에 영향을 미칠 수 있는 배수등급 조건의 상대적 중

<sup>33)</sup> 이준용 외(2014)에서는 발농업 경쟁력 제고를 위한 특성화 단지 조성을 제안하였고, 농기계의 효율적 이용이 가능하도록 평균 경사도가 7% 미만인 지역을 특성화 단지 조건으로 제시하였다.

요도가 경사도보다 크다는 것을 시사한다. 배수등급을 고려하여 사업이 시행될 경우, 사업 참여 농가의 연간 편익은 약 110만 원/ha로 계산된다. 이러한 편익은 국내 쌀 재배 농가의 ha당 농업소득 대비 약 24.4% 수준으로,<sup>34)</sup> 해당 사업이 국내 농가경제에 긍정적 영향을 미칠 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 본 연구는 다음과 같은 한계점이 존재한다. 첫째, 암거배수시설은 본 연구의 결과와 같은 작물의 생산(성)에 긍정적인 효과를 미칠 뿐만 아니라 논에서의 타작물 재배를 가능하게 하는 것을 목적으로 한다. 본 연구의 분석대상 지역의 경우, 밭작물 관련 인프라가 부족하여 사업 후 밭작물 재배가 이루어지지 않아, 밭작물 재배가 증가함에 따라 발생하는 편익은 고려되지 못하였다. 둘째, 연구대상 지역은 시범사업지구로 연구 시점에 유지 및 보수 비용이 발생하지 않았고, 이를 비용-편익 분석에 고려하지 못하였다. 추후 사업 대상지 선정 시 주산지와 같은 밭작물 재배의지가 높은 지역들의 논을 사업대상으로 하여 밭작물 재배 증가에 따른 편익을 분석하거나, 사업 연차(예, 10년)가 지난 후 조사된 유지 및 보수비용을 고려하여 분석이 진행된다면 좀 더 의미 있는 시사점들이 제시될 수 있을 것이다.

---

<sup>34)</sup> 농업소득은 설문조사 대상 기간과 동일한 2016~2019년의 쌀 농가 평균 농업소득(451만원/ha)을 활용함. 이 수치는 각 연도별 쌀 농가의 'ha당 농업소득(=농업소득/경지면적)'의 평균값임.

참고문헌

강민정, 민선형, 안동환, 김지은, 김관수, 이향미. (2019). 논밭 범용화사업의 사회적 후생효과 추정: 식량작물을 중심으로. *농업경영정책연구*, 46(4), 1-27. <http://doi.org/10.30805/KJAMP.2019.46.4.537>

강창희, 이정민, 박상곤, 윤윤규. (2014). 정부정책사업의 고용영향평가를 위한 미시적 분석방법론. 한국노동연구원

김근진. (2016). 교육복지우선지원사업이 학업성취도에 미치는 평균효과 및 분위효과 분석. *교육행정학연구*, 34(2), 119-146.

김영주, 최병한, 조래청, 최영완, 김윤식. (2014). 농업기반정비사업 편익산정을 위한 지표 개선방안. *농촌계획*, 20(2), 139-150. <http://doi.org/10.7851/ksrp2014.20.2.139>

김채수, 염대호, 한경수, 이석주, 임상봉, 김현수, 전택기, 김병국, 범선규. (2002). GIS경사도 분석에 의한 조건불리지역 발직불제 대상구역도 작성에 관한 연구. 농어촌연구원.

농림축산식품부. (2019). *양정자료 2019*.

농림축산식품부. (2021). *2021년도 성과계획서*.

민선형, 김관수, 이향미. (2020). 배수개선사업의 생산효과 및 사회적 후생효과 분석: 지하암거배수시설을 중심으로. *2020년 한국농업경제학회 연례학술대회 자료집*, 247-270.

백승우, 정안성. (2013). 한국 농업 관개배수사업의 경제성 평가를 위한 지표 개발 -한국과 일본의 사례를 중심으로-. *한국유기농업학회지*, 21(4), 501-522.

서홍식, 김충현. (2016). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2016 운용 개발 연구. 한국농촌경제연구원.

손호성. (2018). 이중차분 추정기법의 개념과 응용. *한국정책분석평가학회 학술대회 발표논문집*, 137-151.

신광근, 김정인. (2022). 성향점수매칭(PSM)과 이중차분법(DID)을 활용한 환경기술개발사업의 기업지원 효과 분석. *환경정책*, 30(2), 1-27.

신안국, 김해도, 이재남, 강석만. (2017). 배수개선사업에 대한 비구조적 대책 적용 방안. *한국농공학회 학술발표회*.

안병일, 최지현. (2014). GAP인증 쌀에 대한 사전적 수요함수와 시장 균형가격 및 수요량 추정. *식품유통연구*, 31(2), 1-15.

이계임, 조소현, 전상곤, 김성훈, 송양훈. (2011). 농식품 원산지표시의 효과 분석과 활용도 제고 방안. 한국농촌경제연구원.

이동규, 성재훈. (2018). 노후 석탄화력발전소 가동중단에 따른 미세먼지 농도 감소효과 분석. *2018년 한국환경경제학회 공동학술대회논문집*, 65-78.

이문호, 김관수. (2020). 쌀 소득보전직불제의 생산연계효과 실증분석. *농촌경제*, 43(1), 1-20. <http://doi.org/10.36464/jrd.2020.43.1.001>

이석주, 주혜진, 고희기, 전순은. (2015). 대규모 농업개발사업의 투자타당성 평가방법 및 적용에 관한 연구. 한국농어촌공사 농어촌연구원.

이준용, 박원규, 김만수, 윤진하, 김상현, 이채식, 유수남, 이승기, 김현태, 김학진, 최규홍, 최용, 김경수. (2014). *발농업 경쟁력 제고를 위한 발농업기제화 촉진방안 및 주요 작물별 기제화 전략 도출*. 농업기제학회.

전현정, 정기열, 최영대, 이상현. (2017). Improved Method of Suitability Classification for Sesame (*Sesamum indicum* L.) Cultivation in Paddy Field Soils. *한국토양비료학회*, 50(6), 520-529. <http://doi.org/10.7745/KJSSF.2017.50.6.520>

조진훈, 윤동균, 박명수, 한국현. (2011). 기후변화에 따른 농경지 배수체계 개선에 관한 연구. 농어촌연구원.

최종태, 정해일, 이경근, 최승일. (2021). 미니클러스터 정부 지원사업이 경영성과에 미치는 영향에 대한 실증 연구. *한국산학기술학회논문지*, 22(8), 320-327. <http://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.8.320>

충청북도농업기술원. (2019). *2019년도 농촌지도사업 시행지침*.

한국농어촌공사 농어촌연구원. (2018). *논밭 범용화사업 타당성 분석 및 사업화 방안 연구*.

한국농어촌공사 농어촌연구원. (2020). *상주 한들지구 배수개선사업(농지범용화) 경제적 효과 및 사회적 후생의 계량적 추정*.

- 현병근, 임상규, 정석재, 손연규, 송관철, 노대철, 이협성, 현근수, 장용선, 홍석영, 박찬원, 김이현, 최은영, 장병춘. (2008). 우리나라 토양의 유효토심 결정시 저해인자에 관한 연구. *한국토양비료학회지*, 41(5), 293-302.
- 예비타당성조사 수행 총괄지침. (2022). 기획재정부훈령 제587호(2021.12.29., 타법개정).
- 농촌진흥청 토양환경지도. <<http://soil.rda.go.kr/geoweb/soilmain.do>>. 검색일: 2020. 3. 28.
- 농림축산식품부 사이트. <<https://www.mafra.go.kr/2019plan/1727/subview.do>>. 검색일: 2020. 5. 11.
- Abadie, A. (2005). Semiparametric difference-in-differences estimates. *Review of Economic Studies*, 72, 1-19. <https://doi.org/10.1111/0034-6527.00321>
- Lusk, Roosen, Shogren, Lusk, Jayson, Roosen, Jutta, & Shogren, Jason F. (2011). *The Oxford handbook of the economics of food consumption and policy*. New York: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199569441.001.0001>
- Rahardjo, H., T. Lee, E.C. Leong, and R.B. Rezaur. (2005). Response of a residual soil slope to rainfall. *Canadian Geotechnical Journal*, 42(2), 340-351. <https://doi.org/10.1139/t04-101>