

# 읍·면 지역 에너지 소비, 재생에너지 잠재량 조사에 기반한 에너지 자립 가능성 연구 - 충남 홍성군을 중심으로 -

윤성권\* · 김윤성\*\*

\*녹색에너지전략연구소 부연구위원 · \*\*녹색에너지전략연구소 연구위원

## A Study on Energy Self-sufficiency Potential based on Town and Village Energy Consumption, Renewable Energy Potential - Focusing on the Case of Hongseong County -

Yun, Seong Gwon\* · Kim, Yun Soung\*\*

\*Green Energy Strategy Institute Senior Researcher

\*\*Green Energy Strategy Institute Research Fellow

**ABSTRACT** : In order to energy self-sufficiency in town and village areas, it is important to break down the spatial unit and understand the scale of the local energy supply and demand system. In this study identified the energy consumption and renewable energy resources of towns and villages in Hongseong County. Energy self-sufficiency rates and possibilities were derived for each region, and suitable types of self-sufficiency were suggested. As a result, it was found that Hongdong-myeon, Janggok-myeon, and Seobu-myeon have the potential to achieve energy self-sufficiency. Each of these areas has unique characteristics that make them suitable for different types of energy models. Hongdong-myeon could be classified as a rural, energy integration, and energy self-sufficiency model, Janggok-myeon as a mountainous, bioenergy, and energy trading model, and Seobu-myeon as a fishing village, solar, and energy self-sufficiency model. This study can assist in recognize the phenomenon in rural areas, which will help in formulating practical and effective energy self-sufficiency plans for these areas.

**Key words** : Town and village area, Energy Self-Sufficiency, Energy Consumption, Renewable Energy Potential, Renewable Energy

## I. 서 론

### 1. 연구배경 및 목적

기후위기가 가속화 되는 상황에서 전 세계는 평균 기온을 낮추고, 탄소중립 목표를 달성하기 위해 노력하고 있다. 2020년 기준 국내 농업부문 온실가스 배출량 비중은 전체 배출량의 3.2%(21.1백만톤CO<sub>2</sub>)로 높지는 않지만, 이는 온실가스 배출 집계 시스템이 농축산 생산 부문만

을 고려하고 있기 때문이다. 최근 연구(Rosenzweig et al., 2020)되는 농식품 시스템의 관점으로 생산·유통·소비·폐기의 전 과정을 고려하면 농업부문 온실가스 배출량은 지금보다 클 것으로 예상된다.

농업부문은 기후 의존성이 높아, 기후위기로 인한 홍수, 폭염, 가뭄, 병충해 등 이상기후 현상은 특히 농업농촌에 더 직접적인 영향을 미친다(Jeong, 2022). 더욱이 농업에 투입되는 에너지원은 화석연료(면세유) 의존도가 높아 에너지 수입가격 상승 시 농업경영이 위협되기 쉽다. 농촌지역의 에너지 자립을 위해서는 화석연료 소비를 줄이고, 재생에너지로 대체하는 근본적인 시스템의 변화가 필요하다. 농림축산식품부도 2050년까지 농업

Corresponding author : Kim, Yunsoung

Tel : 02-552-0940

E-mail : panmaker@gesi.kr

부문을 저탄소 및 환경친화적 산업으로 전환하는 전략을 추진하고 있다(MAFRA, 2021). 정부의 체계적인 전략과 더불어 농업농촌이 에너지 자립 이행의 주체가 되어 화석연료 기반의 에너지 시스템에서 벗어나고자 하는 방향 설정이 필요하다. 그 출발이 농촌이라는 공간을 중심으로 에너지 자립 가능성을 파악하는 것이다.

농촌지역은 에너지로 활용할 수 있는 자원이 풍부하기에 도시 대비 에너지 자립 여건이 좋은 편이다. 반면 농촌지역은 인구 대비 관할구역이 넓고, 농축업 여건에 따라 에너지 소비 특성이 다르게 나타난다. 도시와 비교해 인구밀도도 낮기에 에너지 활용 및 인프라 설치 측면에서 경제성이 높지 않다. 에너지 소비량 대비 큰 에너지 생산 설비가 설치되면 이용률이 낮아지며, 반대로 소비량보다 작은 설비가 설치되면 온실가스 저감과 에너지 자립에 대한 기여도가 낮아진다. 농촌지역의 에너지 자립을 위해서는 지역의 에너지 소비 행태와 재생에너지 생산조건 등 에너지의 수요-공급 시스템의 규모를 파악하는 것이 필요하다. 특히 농촌지역은 인구밀도도 낮고, 관할구역도 넓기 때문에 공간단위를 더 세분화하여 살펴볼 필요가 있다.

본 연구는 농업·농촌 RE100 실증지원사업<sup>1)</sup> 대상지역으로 선정된 충남 홍성군을 읍·면 단위 수준으로 세분화하여 에너지 수요와 공급 규모를 파악하고, 에너지 자립 가능성을 분석하는 연구를 진행하였다. 읍·면 지역의 수요와 공급 규모를 알아보기 위해 에너지 소비 현황을 부문별로 추정하고, 가용가능한 원별 재생에너지 잠재량을 조사하여 지역별 에너지 자립률과 가능성을 도출하고, 그에 적합한 에너지 자립 유형을 제안하였다.

## 2. 선행연구 검토

농촌지역 에너지 자립은 1995년 지방자치제도가 도입되며, 에너지 부문에 대한 권한을 지역에 분산하기 위해 지역에너지 정책이 시작되었고, 1996년 시작된 지역에너지 사업이 사실상 출발이다(김연중, 2011). 관련 연구는 2000년대 후반부터 농촌지역에 신·재생에너지 적용을 위한 다양한 연구가 진행되었고, 여러 지자체 차원에서 해당 지역의 에너지 잠재량과 소비량을 비교하였다. 장남정(2009)은 전북지역에 에너지 자립마을을 조성하기 위해 대상마을을 선정하고, 마을별로 에너지 소비특성과 시군별 신·재생에너지 잠재량을 파악하였다. 김연중 외 (2011)는 기초지자체를 대상으로 신·재생에너지 잠재량을 파악하고,

부존자원이 많은 지역을 유형으로 구분하였다. 신·재생 에너지 가용잠재량이 시군까지만 제공되고 있어서 읍면 정보가 필요함을 언급하였다. 권용덕(2012)은 경남지역 기초지자체를 대상으로 신·재생에너지 공급 잠재량을 분석하고, 에너지원별로 잠재량에 따라 지역을 군집화하였다. 김정석 외(2019)는 기존 통계조사와 달리 농촌지역 현장조사를 통해 농촌주택의 에너지 사용량을 조사하고, 농촌주택에서 신·재생에너지 설비 적용 가능성을 검토하였다. 김종훈(2022)은 농촌지역 시범마을을 선정하여, 가축분뇨 기반 바이오가스 발전을 통해 농촌 마을 에너지 자립화 방안을 정량적으로 분석하였다.

본 연구는 지역의 신·재생에너지 잠재량을 조사하고, 에너지 자립 가능성을 파악한다는 측면에서 선행연구와 유사한 부분이 있다. 다만, 기존 연구가 광역 및 기초단위에서 잠재량 조사가 진행되었다면, 본 연구는 에너지 수급통계가 구축되지 않은 읍·면 지역을 대상으로 조사가 진행되었다는 것에 큰 차이가 있고, 또한 농촌 공간상에서 나타나는 현상을 유형별로 파악할 수 있도록 에너지 자립 유형을 도출했다는 부분에서 차이가 있다.

## II. 연구범위(정의) 및 방법

### 1. 읍·면 지역 에너지 자립

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제2조(정의)에 따르면 에너지 전환은 “에너지의 생산, 전달, 소비에 이르는 시스템 전반을 기후위기 대응과 환경성·안전성·에너지안보·지속가능성을 추구하도록 전환하는 것”을 말한다. 국제에너지기구는 에너지 생산이 에너지 소비보다 많은 상태를 에너지 자립으로 분석하고 있으며 UN에서는 에너지 자급률을 1차 에너지 생산량 대비 총 에너지 공급량의 비율로 계산하기도 한다. 본 연구에서는 국제에너지기구의 분석방식에 맞추어 1년을 시간상의 기준으로 하고 단위 지역에서 최대 생산 가능한 에너지 잠재량이 해당 지역의 연간 에너지 소비량보다 큰 경우를 지역 단위 에너지 자립이 달성 가능한 상태로 보고 분석을 진행하였다.

### 2. 읍·면 지역 재생에너지 잠재량 집계 및 에너지 소비 추정 방법

국가에너지통계종합정보시스템(KESIS)은 2019년부터 시범적으로 시·군·구 에너지수급통계를 구축하고 있지만, 더 세부적인 읍·면 단위 에너지 소비 통계는 아직 구축되

1) 마을별 에너지 사용량을 진단, 이에 상응하는 재생에너지 발전시설 확충, 공동이용시설 에너지 절감형으로 리모델링 등을 통해 농촌 마을 단위 RE100(사용 전력량의 100%를 재생에너지 전력으로 충당하는 것) 실증.

Table 1. Estimation method of total energy consumption by sectors in rural area (township)

Sector	Method
Industry	Dividing the industrial sector final energy consumption of the county proportionally to the number of workers in manufacturing per township
Transport	Dividing the transportation sector final energy consumption of the county proportionally to the number of registered automobiles per township
Residential	Units of energy consumption by sizes of its floor area × the number of houses per township
Commercial&Public	Units of energy consumption according to the business types × the number of companites per township (excluding industry sector)

source : KESIS(2022 a), KESIS(2022 b), KESIS(2022 c)

어 있지 않다. 시·군·구 에너지수급통계에 따르면 에너지 소비량은 산업, 수송, 가정, 상업·공공부문에 구분되어 집계된다. 본 연구는 읍·면 지역 에너지 소비량을 추정하기 위해서 산업, 수송부문은 시·군·구 에너지 수급통계를 할당하였고, 나머지 가정, 상업·공공부문은 해당 원단위를 이용하여 계산하였다. 구체적으로 시·군·구로 집계되어 있는 산업, 수송부문 에너지소비량을 읍·면단위로 할당하기 위해서는 신뢰할 수 있는 가정이 필요하다. 산업과 수송 부문별 에너지 수요에 영향을 주는 변수를 이용하였다.

2020년 기준 국내 에너지밸런스에 따르면 제조업이 산업부문 최종에너지 소비의 88.8%를 차지하고, 에너지사용 및 온실가스 배출 실태조사에 따르면 제조업 부문 종사자가 증가할수록 제조업 에너지 소비량이 증가한다(KEA, 2021). 수송부문도 에너지 밸런스에 따르면 육상운수가 최종에너지 소비의 84.8%를 차지하고, 자동차 보급대수가 수송부문 에너지 수요를 결정하는 가장 큰 변수이다. 이 점을 참고하여 국가에너지통계종합정보시스템에서 제공하는 시·군·구별 산업부문과 수송부문 최종에너지 소비량을 각각 읍·면 지역 제조업 인구와 자동차 등록대수를 기준으로 할당하였다. 읍·면 단위 가정부문 에너지 소비량은 에너지총조사에 따른 면적 규모별 가구당 에너지소비량 원단위에 해당 읍·면의 연면적별 주택 개수를 곱하여 계산했고, 상업·공공부문은 업체당 에너지 소비량 원단위에 해당 읍·면의 사업체 개수를 적용하여 산출했다.

재생에너지 잠재량은 일반적으로 이론적 잠재량을 먼저 도출하고, 여러 요인을 적용하면서 기술적 잠재량, 시장 잠재량으로 구분한다. 이론적 잠재량은 어떠한 제약도 존재하지 않을 때 활용할 수 있는 최대치라고 정의할 수 있다. 읍·면 지역을 대상으로 지리적, 기술적, 경제적, 정책적 영향요인 등을 적용하기에는 한계가 있으므로 본 연구는 이론적 잠재량을 기본으로 한다. 읍·면 지역 재생에너지 이론적 잠재량은 농축업 및 산업생산 자료 등을 에너지 단위 자료로 변환하여 추정할 수 있다. 태양광 잠재량의 경우 경지면적, 주택 및 시설의 지붕면적에 대해 태양광의 단위면

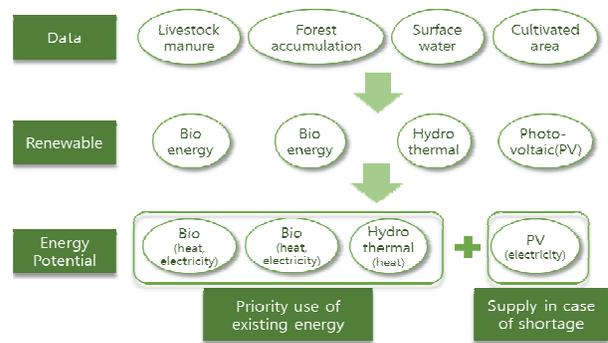


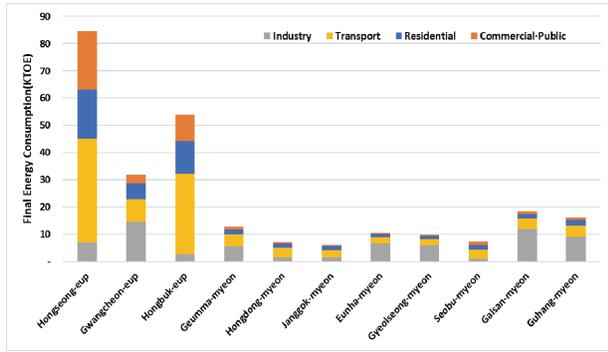
Figure 1. Renewable Potential Investigation Method

적별 용량 원단위(kW)를 적용하면 지역별 태양광 잠재량 분석이 가능하다(KNREC, 2020). 축산 바이오에너지 잠재량은 가축두수 및 축산분뇨 발생량을 기반으로 추정할 수 있다(Soh, 2013). 또한 산림면적과 임업 부산물을 기반으로 임목 축적량을 분석하여 산림 바이오매스 이용가능량도 추정할 수 있다(KNREC, 2020). 수열에너지는 수열원과 목표 공급온도 사이의 온도차를 히트펌프를 사용하여 생산하는 방식인데, 댐호소수, 원수, 하수의 유량, 저수량, 취수량, 방류량 등의 수량을 기준으로 수열에너지 잠재량을 분석할 수 있다(K water, 2020). 본 연구에서는 읍·면 단위에서는 잠재량이 적거나 활용이 어려운 풍력, 폐기물(음식물)은 제외하였다. 읍·면 지역별 재생에너지 잠재량 집계방식은 <Figure 1>과 같이 나타낼 수 있다.

### III. 흥성군 읍·면 지역 에너지 소비량(수급) 및 잠재량 분석

#### 1. 흥성군 읍·면 지역 에너지 소비량 분석

본 연구에서 대상지역으로 선정한 충남 흥성군은 유기농업의 메카이자, 축산업 규모가 커서 부산물 활용에 쉬울



source : KESIS(2022a), KESIS(2022b), KESIS(2022c)

Figure 2. Energy Consumption by sector and town in Hongseong County

뿐만 아니라 산림 및 경지면적이 넓으며, 하천도 인접해 있다. 그리고 신도시와 산업단지도 위치하기에 다양한 에너지 공급과 수요 규모를 파악하는 데 적합하고, 환경협동조합, 오누이회관-밝맑도서관-각종 생협 등 다양한 주민 활동이 이루어지는 지역이다. 2022년도에는 농림축산식품부 농업·농촌 RE100 실증지원사업 대상지로 선정되는 등 재생에너지 확대와 에너지 자립에 대한 의지가 높다. 본 연구에서는 앞서 제시한 방법론을 적용하여 홍성군 읍·면 지역의 부문별 에너지 소비량을 <Figure 2> 와 같이 추정하였다. 분석 결과 홍성읍의 에너지 소비량이 가장 많고, 다음이 홍북읍, 광천읍 순으로 나타나고 있다. 홍성읍, 홍북읍은 내포신도시 개발 등으로 공공기관이 많이 위치하여 상업·공공부문의 에너지 소비량이 많다. 또한 자동차 등록대수 등을 볼 때 승수부문 에너지 소비가 다른 부문보다 많고, 신규 주택공급으로 가정부문의 에너지 소비량이 타 읍·면 대비 많은 편이다, 반면 광천읍은 제조업 종사자 비중이 높아서 산업부문 에너지 소비량이 많았다.

## 2. 홍성군 읍·면 지역 재생에너지 잠재량 분석

### 1) 태양광 잠재량

농촌지역에서 태양광 설치하는 경지면적 감소, 농작물 생산량 감소에 따른 식량안보 위협, 환경문제, 임차농 소득감소 등 여러 사회적 이슈에 영향을 받는다. 이러한 이유로 본 연구에서 태양광 잠재량은 공장용지, 학교용지, 주차장, 주유소 용지, 창고용지 등 지붕에 우선하여 설치한다고 설정하였고, 영농형 태양광의 경우 농림축산식품부 2022년 주요업무 추진계획에 맞추어 전과 답 일부 설치를 고려하였다.

태양광 잠재량은 먼저 면적 당 설치가능한 태양광 용량 계수를 산정해야 한다. 본 연구에서는 한국에너지공단 신·

Table 2. How to estimate PV potential

- <Step1> Installation area coefficient = PV Installation area(m<sup>2</sup>)÷PV Installed capacity(kW)
- <Step2> Site area(m<sup>2</sup>)÷installation area coefficient
- <Step3> Minimum installation ratio(%)×<Step2>

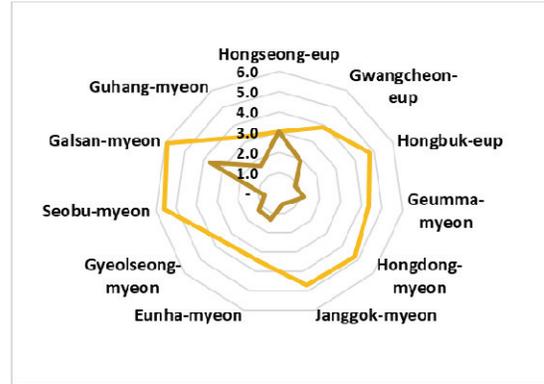


Figure 3. PV potential(ktoe)

재생에너지센터에서 제공하는 재생에너지 클라우드플랫폼<sup>2)</sup> 설치면적 용량계산기 기준에 따라 8~15m<sup>2</sup>의 면적에 1kW 태양광 용량을 설치할 수 있다고 가정하였다. 이후 전, 답 등 해당 부지면적을 태양광 용량계수로 나누면 태양광 이론적 잠재량을 추산할 수 있다. 다만, 해당 부지면적에 모두 태양광 패널을 설치할 수 없으므로 최소 설치할 수 있는 비중(예시 : 10%)을 곱하여 잠재량을 계산한다<Table 2>. 이와 같은 방식으로 홍성군 읍·면 지역의 지붕(안쪽) 및 영농형(바깥쪽) 태양광 잠재량은 다음과 같다<Figure 3>.

또한 태양광은 지자체 별 이격거리 기준이 있고, 주민 반대 등 민원 요소도 존재한다. 특히 이격거리는 태양광 발전소가 도로나 주거로부터 짧게는 최소 50m에서부터 최대 1,000m까지 거리를 두고 있다. 일부 기초지자체를 대상으로 이격거리 규제로 인해 태양광 발전소가 입지할 수 없는 면적이 얼마나 되는지를 분석한 결과, 이격거리 규제 적용 시 제외되는 면적은 전체 면적 대비 최소 46%에서 최대 67%까지 나타난다(Kwon et al, 2020). 또한 도로와 건물 이격거리를 100m 규제할 시 태양광 설치 잠재량이 각각 40%, 50% 감소한다(Kim, 2022). 이격거리, 민원 등 인허가 기준이 고려되면 잠재량은 더 낮아질 것으로 보인다.

### 2) 축산 바이오 잠재량

농림축산식품부는 2050년까지 가축분뇨 발생량의 10%

2) [https://recloud.energy.or.kr/service/regi\\_require.do](https://recloud.energy.or.kr/service/regi_require.do) (최종검색일 2023.2.15.)

를 에너지화할 계획이다(MAFRA, 2021). 현재 음식물, 가축분뇨, 하수 찌꺼기 등 유기성 폐자원의 76.7%가 퇴액비를 생산하고, 사료화, 정화, 기타(17.6%) 등으로 처리되고 있어, 나머지 5.7%만 바이오 가스화되고 있다(MOE, 2022). 농림축산식품부는 2030년까지 가축분뇨의 에너지 활용을 위해서 축사 및 돈사에 공동자원화시설을 확충하고, 고체연료 및 바이오에너지로 확대하는 방안을 추진 중이다(MAFRA, 2022). 환경부도 관련 시설을 확충할 뿐만 아니라 수요처 증대 및 다변화를 위해서 열, 도시가스, 그린수소로 활용될 수 있도록 정책을 펼치고 있다(MOE, 2022). 2022년 12월「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」이 제정됨에 따라 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스 생산이 확대될 수 있을 것으로 보인다. 바이오가스는 주성분이 메탄이고, 천연가스와 유사하기에 발전이나 도시가스로도 활용할 수 있다.

축산 바이오 잠재량은 가축에 대한 분뇨 총량을 에너지 단위로 변환한 값이고, 지역별 가축두수가 확보되어야 한다. 가축 사육두수는 농림축산식품부 농업경영체 등록 정보 통계서비스<sup>3)</sup>에서 파악할 수 있다. 농업경영체 통계

는 읍·면 단위까지 가축 사육두수를 구축하고 있지만, 제도적 허점과 운용상 미흡함으로 통계 자료 신뢰성에 한계는 존재한다<sup>4)</sup>. 지역별 가축두수에 가축별 분뇨발생계수를 곱하여 분뇨 발생량을 계산한다. 다음 가축별 분뇨 수분함량(유기물 비율)과 바이오가스 생산 수율, 메탄 함량 및 열량을 단계별로 고려하여 잠재량을 계산한다(Soh, 2013)<Table 3>. 홍성군 읍·면 지역의 축산 바이오 잠재량은 다음과 같다<Figure 4>.

### 3) 산림 바이오 잠재량

산림 바이오 잠재량은 산림면적에 축적된 임목량을 에너지 단위로 변환한 값이다. 수종별 임목축적량에 목재기본밀도(목재의 부피 대비 건중량을 나타내는 비율)를 곱하고, 이후 바이오매스 확장계수(줄기재적을 이용하여 가지, 잎, 수피, 열매 등을 포함하는 전체 지상부 바이오매스량을 구하는데 적용하는 계수)와 뿌리함량비(임목 지상부 전체 중량 대비 뿌리 비중 포함하는 계수)를 이용하여 에너지양으로 환산한다(KNREC, 2020)<Table 4>. 산림면적에 따른 임목축적은 매년 발생하는 것이 아니기에 20년 주기로 환산하였다.

홍성군 읍·면 지역의 산림 바이오 잠재량은 다음과 같다<Figure 5>.

Table 3. How to estimate livestock bio potential

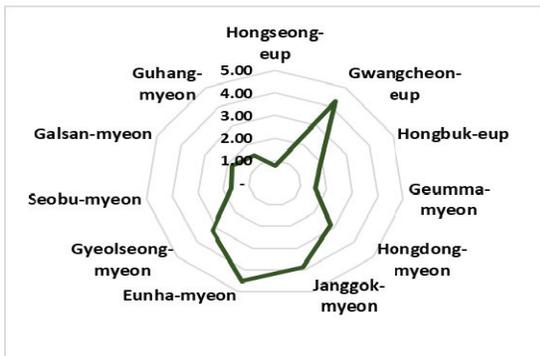
<Step1> Livestock manure(kg) = number of livestock x manure generation coefficient
<Step2> Organic matter(kg) = manure amount x organic matter ratio(%)
<Step3> Biogas(m <sup>3</sup> ) = organic matter x biogas yield
<Step4> Methane content(m <sup>3</sup> ) = biogas x methane content
<Step5> Theoretical potential(ton) = methane content x methane calorie/10 <sup>7</sup>

source : Soh(2013)

Table 4. How to estimate forest bio potential

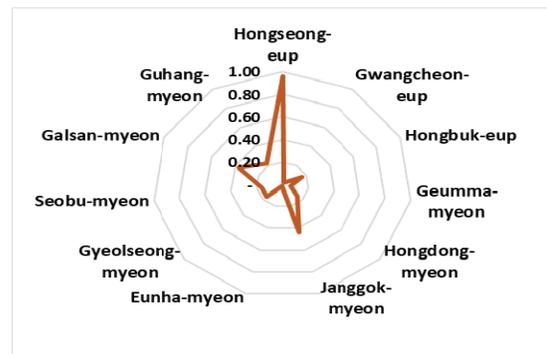
<Step1> Forest accumulation(m <sup>3</sup> ) = forest area(ha) x average accumulation(m <sup>3</sup> /ha)
<Step2> Forest accumulation(m <sup>3</sup> ) x basic wood density(ton/m <sup>3</sup> )
<Step3> Average biomass expansion factor x average root content x <Step2> / 20years

source : Soh(2013) 재구성



source : Agricultural Business Registration Information Statistics Service 재구성

Figure 4. Livestock bio energy potential(ktoe)



source : Forest Forestry Statistics Platform, KOSIS (2022 b) 재구성

Figure 5. Forest bio energy potential(ktoe)

3) <https://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dbdRaise.do> (최종검색일 2023.2.15.)

4) <https://m.nongmin.com/359134> (최종검색일 2023.4.11.)

#### 4) 수열 자연적 잠재량

국내에서 수열은 해수와 하천수를 활용하는 것만 신·재생에너지원으로 인정하고 있다. 그 밖에 댐호소수, 저수지 등은 미활용에너지로 구분된다. 환경부는 수열 활용을 확대하기 위해 에너지 다소비 건물 대상 보급지원 및 클러스터를 신규로 조성할 계획이다. 현재 농촌지역에서 수열에너지를 직접적으로 활용한 사례는 없지만, 발전소 온배수를 시설원에 난방으로 활용한 사례는 있다. 즉, 농촌지역에서 수열원을 활용하기에 여러 한계가 있지만, 댐이나 큰 하천이 인접한 지역에서는 적절한 배관 설치 및 히트펌프 기술을 통해 미래에 냉난방으로 활용을 검토할 수 있기에 잠재량을 분석하였다.

수열 잠재량 중 하천의 경우 연간 유량(갈수량)을 기준으로 온도차를 활용하여 잠재량을 산정하고, 저수지는 저수량을 기준으로 저수량 일정 비율(1% 가정)에 비열과 온도차를 곱하여 산출한다<sup>5)</sup>(MOE, 2019)<Table 5>. 모든 동적 특성(수온, 유량 대기온도 등)을 고정된 상태에서 파악하는 자연적 잠재량을 고려하였다. 홍성군 읍·면 지역의 수열 잠재량은 <Table 6>과 같다. 삼교천은 3개 읍·면에 인접해 있기에 각각 잠재량을 할당하였다.

Table 5. How to estimate hydrothermal potential

River	<Step1> Total flow based on low flow=daily average flow(355th day) x 365days <Step2> Potential = Total flow x temperature difference
Reservoir	<Step1> Reservoir volume = daily average flow(275th day) x 365days <Step2> Potential = reservoir volume x specific heat x temperature difference x ratio

source : MOE(2019) 재구성

Table 6. Hydrothermal potential

	Township	Reservoir volume (1,000m <sup>3</sup> )	Potential (Ktoe)
River (Sapgyo)	Geumma-myeon	69,800	0.21
	Hongbuk-eup		0.21
	Gwangcheon-eup		0.21
Reservoir	Janggok-myeon	3,662	0.02
	Geumma-myeon	2,057	0.01
	Guhang-myeon	1,507	0.01
	Galsan-myeon	2,950	0.01

source : MOE(2022), Hongseong-gun(2022)

5) 온도차는 일반적으로 Δt 5℃를 사용한다고 가정한다.

#### IV. 읍·면 지역 에너지 자립 가능성 및 유형 도출

홍성군 읍·면 지역 에너지 소비량과 잠재량을 비교하여 에너지 자립률을 파악하였다. 에너지 소비량보다 재생에너지 잠재량이 더 큰 홍동면, 장곡면, 서부면은 에너지 자립 가능성이 있다<Figure 6>. 홍동면, 장곡면, 서부면의 축산 바이오 잠재량은 홍성군 전체 읍·면 중에서는 평균 수준으로 높지는 않지만, 해당 읍·면 에너지 자립에 대한 기여는 높을 것으로 보인다.

읍·면 지역 에너지 자립 유형은 다른 지역에 적용 가능성을 파악하는 관점에서 중요하다. 유형은 지역 및 입지에 근거해 도시형, 농촌형, 도농복합형, 산촌형, 어촌형 등으로 분류할 수 있고, 에너지를 중심으로 바이오에너지(바이오가스, 바이오매스), 태양광, 미활용에너지, 에너지융복합 등으로 분류할 수도 있다. 또한 지역별로 에너지 소비량과 재생에너지 잠재량을 비교하여 에너지 자급을 달성할 수 있는지와 전력판매가 가능한지 아닌지에

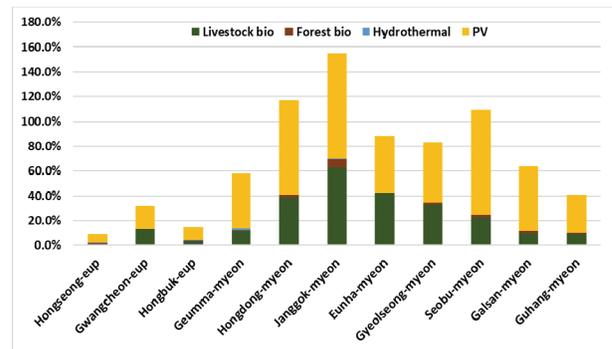


Figure 6. Energy self-sufficiency rates

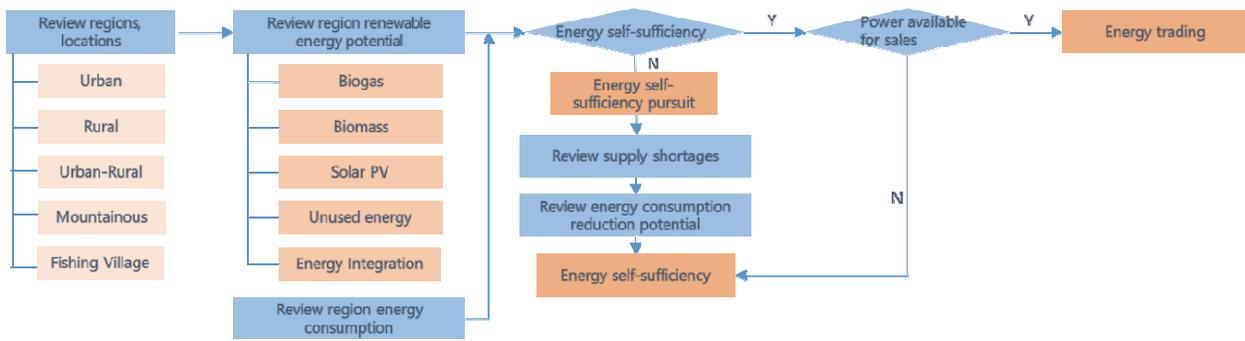


Figure 7. Energy self-sufficiency type

따라 에너지 자립 추구형, 에너지 자립형, 에너지 판매형<sup>6)</sup>으로도 구분할 수 있다<Figure 7>.

홍성군 홍동면, 장곡면, 서부면에 에너지 자립 유형을 적용하였다. 지역 및 입지를 검토했을 때 농지가 넓은 홍동면은 농촌형, 산지비중이 높은 장곡면은 산촌형, 바다에 인접한 서부면은 어촌형으로 판단되고, 홍동면은 태양광, 바이오가스, 장곡면은 바이오가스 및 바이오매스, 서부면은 태양광 잠재량이 많다. 마지막으로 농촌지역의 에너지 소비량과 재생에너지 잠재량을 비교하여 에너지 자립을 달성할 수 있는지와 전력판매가 가능한지에 따라서 에너지 자립률이 100%를 넘는 세 지역 모두 에너지 자립 모델을 적용할 수 있고, 에너지 자립률이 150%를 넘는 장곡면은 에너지 판매형 모델도 검토할 수 있다. 정리하면 홍동면은 농촌형·에너지 융복합·에너지 자립 모델, 장곡면은 산촌형·바이오에너지·에너지 판매형 모델, 서부면은 어촌형·태양광·에너지 자립 모델 유형으로 구분할 수 있다.

에너지 판매형 모델과 같이 재생에너지 잉여전력이 발생하는 지역은 다른 지역과 연결하거나 혹은 열로 전환하여 지역 내에서 시설원예, 가정 난방용으로 활용될 수 있다. 전력을 판매하기 위해서는 계통설비가 더 확충되어야 하고, 실시간 계통한계 가격 등의 정책적 고려가 선행되어야 한다.

홍성군 읍·면 지역 중 에너지 자립률 100%를 넘지 못하는 지역은 에너지 자립 추구형으로 판단하고, 해당 지역의 상황에 맞게 에너지 자립 전략을 설정할 수 있다. 특히 <Figure 2>와 같이 수송부문 에너지 소비량이 많은 홍성읍과 홍북읍은 수송부문 전력화 및 수요관리 전략이 필요하고, 산업부문 에너지 소비량이 많은 광천읍은 산업

단지 효율개선 및 지붕 태양광 등을 적극적으로 검토해야 한다. 추가로 농촌지역 에너지 자립 과정에서는 에너지원 사용의 우선순위가 고려할 필요가 있다. 기존 지역에서 발생하는 부산물을 에너지화하여 우선적으로 사용하고 나머지 부족한 부분을 태양광으로 충당하는 형태로 방향을 세운다면 농지잡식 등의 우려를 최소화할 수 있다.

## V. 결 론

기후위기가 가속화 되는 상황에서 직접적인 영향을 받는 농업농촌은 기존의 에너지 시스템을 저탄소 및 탈탄소 방향으로 전환하려는 노력이 필요하다. 특히 농업농촌의 에너지 자립은 농촌이라는 공간을 중심으로 농촌지역이 직접 주체가 되어 화석연료 위주의 에너지 시스템에서 벗어나려는 방향 설정이 중요하다. 그 출발이 농촌의 공간단위를 읍·면 단위로 세분화하여 에너지 수요와 공급 규모 및 에너지 자립 가능성을 파악하는 것이다. 이를 통해 농촌 공간에 맞는 정책방향, 대안 등을 모색할 수 있다.

본 연구는 충남 홍성군을 대상으로 읍·면 단위 수준에서 에너지 소비 현황을 추정하고, 재생에너지 잠재량을 조사하여 에너지 자립 가능성을 파악하고, 그에 적합한 에너지 자립 유형을 제안하였다. 분석 결과 홍성군 홍동면, 장곡면, 서부면이 에너지 자립 가능성이 있다. 에너지 자립 유형에 대해서는 홍동면은 농촌형·에너지 융복합·에너지 자립 모델, 장곡면은 산촌형·바이오에너지·에너지 판매형 모델, 서부면은 어촌형·태양광·에너지 자립 모델 유형으로 구분할 수 있다. 에너지 자립률 100%를 넘지 못하는 지역은 에너지 자립 추구형으로 판단하고, 해당 지역의 상황에 맞게 에너지 자립 전략을 설정할 수 있다.

읍·면 지역의 에너지 수요·공급 규모 및 여건 파악

6) 농촌지역을 하나의 작은 전력망(마이크로그리드)으로 본다면 지역에서 생산된 전력이 수요보다 많을 때 현재의 경우 나머지 전력은 국가 전력망으로 보내지지만, 관련한 전력시장 제도가 정비되면 판매도 가능할 것으로 보인다.

은 농촌지역의 에너지 자립 가능성을 대략적으로 판단할 수 있고, 농촌 공간상에서 나타나는 현상을 파악할 수 있기에 농촌지역 에너지 전환, 농촌형 마이크로그리드 구축, 농촌 공간계획 등 주요 정책자료로 활용될 수 있을 것이다. 다만, 본 연구에서 읍·면 단위로 구축한 데이터 중 재생에너지는 이론적 잠재량이고, 에너지 소비량은 시·군·구로 구성된 통계를 일관된 기준에 따라 구분하여 추정된 것이라는 한계가 있다. 향후 에너지 수급통계가 읍·면 지역 수준까지 구축되고, 다양한 연구와 데이터가 축적된다면 더 정확하고 심도 있는 분석이 가능할 것이다. 또한 본 연구는 에너지 소비구조와 잠재량 분석에 집중하였고, 에너지 모델을 깊이 있게 다루지 못했다. 특히 에너지 판매 모델 분석은 전력판매 수익을 결정하는 가격 요소인 계통한계가격과 신·재생에너지공급인증서의 가격에 대한 고려도 필요하기에 향후 더 보강될 필요가 있다.

본 연구는 농촌진흥청 국립농업과학원 농업과학기술 연구개발사업(과제번호:PJ017117)의 지원에 의해 이루어진 것임

## References

1. Agricultural Business Registration Information Statistics Service(<https://uni.agrix.go.kr/docs7/biOlap/dbdRaise.do>)
2. Forest Forestry Statistics Platform (<https://kfss.forest.go.kr/stat/>)
3. Hongseong-gun, 2022, 2021 Local Government Statistical Yearbook
4. Jang, N., 2009, A Study on How to Create a Distributed Energy Self-sufficient Village in Rural areas, Jeonbuk Development Institute
5. Jeong, H., Han, J., 2022, Analysis of Farmers Perceptions of Extreme Climate Events, Journal of Climate Change Research, 13(5), p 649-658
6. K water, 2020, The Analysis on the Hydrothermal Energy Capacity and Survey on Possible Application Sites
7. Kim, H., 2022, Renewable Energy Facility Separation Distance from Local Governments, Discussion material
8. Kim, J., 2022, Carbon Neutral Potentials Through Livestock Manure-based Biogas Power Generation: Focused on Energy Independence in Rural Village, Master's Thesis, Chungbuk National University
9. Kim, J., Jeon, S., Shin, S., Pa가, M., and Ju, J, 2019, Study on Energy Performance Evaluation and Application of Renewable Energy in Rural Village Homes, Journal of KIAEBS, 13(1), 28-45
10. Kim, Y., Park, H., Kang, C., Park, K., Gwon, D., Han, H., and Lee, W., 2011, Prospect of Production and Utilization of Energy in the Rural Sector and Strategies for Introducing Clean Energy Farming System, Korea Rural Economic Institute
11. Korea Energy Agency, 2021, Energy Use and GHG Emissions Survey Statistical Information Report
12. Korea Energy Statistical Information System, 2021, Yearbook of Energy Statistics
13. Korea Energy Statistical Information System, 2022a, 2020 Energy Consumption Survey
14. Korea Energy Statistical Information System, 2022b, 2020 Municipal Energy Statistics
15. Korea Energy Statistical Information System, 2022c, Regional Energy Statics
16. Korea New and Renewable Energy Center, 2021, New & Renewable Energy Statistics 2020
17. Korea Rural Economic Institute, 2022, Agricultural Outlook 2022 Korea: Agriculture and Rural Areas, Seeing New Hope, Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs
18. Korean New and Renewable Energy Center, 2020, 2020 New&Renewable Energy White Paper
19. Korean Statistical Information Service, 2022a, Census
20. Korean Statistical Information Service, 2022b, Census of Agriculture, Forestry and Fisheries
21. Kwon, Y., 2012, Rural Energy Independence Village Promotion Plan, Gyeongnam Institute
22. Kwon, K., Kim, Y., Jo, E., 2020, Nowhere to Go: How South Korea's Siting Regulations are Strangling Solar, Solutions for Our Climate
23. Lee, G., 2022, Promotion Strategies and Tasks for the Expansion of Low-carbon Agricultural Technology, Discussion presentation materials
24. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2021, 2050 Agri-food Carbon Neutral Promotion Strategy
25. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022, Livestock Environment Improvement Measures, Press Release.
26. Ministry of Environment, 2019, A Study on How to Foster the Hydrothermal Industry

27. Ministry of Environment, 2022, Roadmap for Expanding Bio and Water Energy Using Environmental Facilities, Press Release.
  28. National GHG Emission Total Information System (<https://netis.kemco.or.kr/>)
  29. Rosenzweig, C., Mbow, C., Barioni, L. G., Benton, T. G., Herrero, M., Krishnapillai, M., & Tubiello, F. N., 2020, Climate change responses benefit from a global food system approach. *Nature Food*, 1(2), 94-97
  30. Soh, J., 2013, The Resources Potential of Bioenergy and Waste-to-energy and Evaluate How Much Make Contribution to the RPS, Korea Energy Economics Institute
- 
- Received 16 February 2023
  - Finally Revised 19 April 2023
  - Accepted 25 April 2023