

강원도 폐광산 산림복구지의 지역사회 생태계서비스 인식조사: 태백시 및 정선군을 중심으로

이보휘¹ · 정다위¹ · 김지혜² · 박관인² · 이학준^{3*}

¹충남대학교 농업과학연구소, ²한국광해광업공단 기술연구원, ³상지대학교 산림과학과

Communities' Perception of the Effect of Ecosystem Services on the Forest Rehabilitation of Abandoned Mine Areas: A Case Study in Taebaek-si and Jeongseon-gun

Bohwi Lee¹, Dawou Jung¹, Jihye Kim², Gwan-in Bak² and Hakjun Rhee^{3*}

¹Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Research Institute of Technology, Korea Mine Rehabilitation and Mineral Resources Corporation,
Wonju 26464, Korea

³Department of Forest Science, Sangji University, Wonju 26339, Korea

요약: 채굴지역의 복구는 생태계에 대한 다양한 피해를 줄일 수 있지만, 생태계서비스(Ecosystem Service, ES)에 대한 영향과 지역사회에 대한 기여는 불확실하다. 채굴작업에 의해 영향을 받는 ES 수혜자와 그 주변 환경에 어떻게 이익이 도출되는지를 식별하고, 나아가 수혜자들이 원하는 ES로 채굴지역을 복구·관리해야 한다. 본 연구는 국내 폐광산 지역의 산림복구지와 관련하여 TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity) 기준에 따라 18개의 ES(공급서비스 4개, 조절서비스 7개, 문화서비스 5개, 서식지서비스 2개)를 선정하였다. 그리고 11점 리커트 척도(0점 '모름', 1점~5점 '부정적 혜택', 6점~10점 '긍정적 혜택')의 반 구조화(semi-structure)된 설문지로 지역사회 87명(태백시 62명, 정선군 25명)의 사회인식을 조사하고, 핵심 ES를 도출하였다. 두 지역사회는 폐광산의 산림복구지에 대해 문화서비스(심신건강, 심미적 가치 및 영감, 레크리에이션)와 조절서비스(국지기후 및 대기조절, 자연재해조절)를 중심으로 인식과 수요가 높은 것으로 나타났다. 해당 서비스들은 지역사회에서 실생활과 밀접하게 연관되면서, 지역주민에게 긍정적 혜택을 주었거나 향후 삶의 질을 높일 수 있는 서비스였다. 하지만 평균 점수가 6~7점에 국한되어, 실제 지역사회에 미치는 혜택은 미비한 것으로 나타났다. 공급서비스는 식량, 원재료 등 이용가능성이 높은 재화를 창출하거나 수익기회를 제공하는데 기여하는 항목임에도 불구하고, 인식은 부정적이었다. 이는 광산활동 이전부터 전통적으로 특정 공급 ES에 의존했던 지역주민을 고려하지 않은 산림복구로 지역사회와 공급 ES의 흐름이 단절된 것을 보여준다. 향후 산림복구지의 지속가능한 이용 및 생태계 증진을 위해서 반드시 지역사회의 복지를 고려한 복구과정이 필요할 것이다. 본 연구결과는 국내 광산지역 개별 특성 및 상황에 맞는 산림복구를 위한 맞춤형 생태계서비스 증진 전략을 수립하는데 활용될 수 있을 것이다. 단, 빈도분석에 따른 정성적 평가로 연구결과가 도출되었으므로, 추후 폐광산 지역 산림복구에 대한 핵심 ES에 대한 정량화와 가치평가가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

Abstract: Rehabilitation of mining areas can reduce damage to ecosystems. However, the effects of rehabilitation on ecosystem services (ESs) and its contribution to local communities are not well known. Thus, the aims of this study were to clearly identify the ES beneficiaries affected by mining activities, to determine how the beneficiaries profit from surrounding areas in cooperation with local stakeholders, and to manage the rehabilitation areas for the ESs that the beneficiaries want. This study chose 18 ESs (4 provisioning, 7 regulating, 5 cultural, and 2 habitat services) based on The Economics of Ecosystems and Biodiversity. A semi-structured questionnaire survey using an 11-point Likert scale was conducted among 87 community residents to investigate social awareness and identify key

* Corresponding author
E-mail: hakjun.rhee@sangji.ac.kr

ORCID
Hakjun Rhee  <https://orcid.org/0000-0002-8762-3408>

ESs. The survey results from two local communities showed high awareness and demands mainly on cultural (mental and physical health, aesthetic appreciation, and recreation) and regulating services (local climate and air quality, and moderation of extreme events). These services were related to the daily lives of residents in local communities, provided positive benefits, and potentially improved the residents' future livelihoods. However, the average questionnaire scores were limited to 6-7 points, indicating that the benefits to local communities were meager. The residents' awareness of provisioning service was negative, even if it provided goods and profit opportunities. This indicated a disconnection between local communities and provisioning services due to forest rehabilitation that did not consider local communities that traditionally relied on specific provisioning services before the onset of mining activities. Future forest rehabilitation in abandoned mine areas must consider the welfare of local communities for sustainable use of rehabilitated forests and enhancing ESs. In this study, only a qualitative evaluation based on frequency analyses was conducted. The quantification and valuation of key ESs are warranted in the future to promote ESs from forest rehabilitation in abandoned mine areas. The study results would be useful for developing site-specific ES promotion strategies for reforesting mine areas.

Key words: community perception, ecosystem service, forest rehabilitation, abandoned mine areas

서론

2021년 기준, 전국의 휴·폐광산은 5,475개가 있으며, 이 중 3,300개 휴·폐광산 내에서는 7,181개의 다양한 광해가 발생하고 있다. 광해유형 중에서 산림훼손이 32.4%(2,324개)로 가장 높았으며, 다음으로 지반침하 21.4%(1,540개), 토양오염 17.4%(1,249개) 순으로 나타났다(MOTIE, 2022). 최근 산림생태계의 다양한 공익기능이 점차 중요해지고, 산림이 기후변화 대응에 효과적인 탄소흡수원으로 부각되면서, 그 역할과 범위도 확대되고 있다(MIRECO, 2021). 한국광해광업공단은 이러한 산림의 중요성을 인지하고, 광산활동으로 손상된 산림생태계를 복원하기 위해 전국적으로 산림복구사업을 지속적으로 진행하고 있다(MOTIE, 2022)¹⁾.

특히 국내는 포스트마이닝(post-mining) 시대를 맞이하여, 기후변화를 효과적으로 대응하기 위해 탄소감축활동의 일환으로 폐광지역의 산림복구지를 탄소흡수원으로 활용하고 있다(Jung et al., 2010). 주요 사례로서 2018년 동부지방산림청과 한국광해광업공단은 협력하여, 30년 동안 태백시의 6.5ha의 폐광복구지에서 산림탄소상쇄사업을 추진하고 있다(Energytimes, 2018). 이와 같이 복구된 산림이 탄소흡수를 포함한 다양한 생태계서비스를 제공할 수 있도록 폐광산의 산림복구지에 대한 지속가능하고 관리방안이 필요한 시점이다(Grant and Koch, 2007).

장기적인 광산활동은 산림의 생태계서비스(Ecosystem service, 이하 ES)를 제거 또는 변경시키고, 임지 외에도 시·공간적으로 자연과 지역사회 전반에 긍정·부정적 영향

을 준다(Burton and Macdonald, 2011; Tallis et al., 2012; Sontter et al., 2017; Blanco et al., 2018; Boldy et al., 2021). 특히 지역사회는 그들의 가치, 신념, 사회·경제적 측면까지도 인근 생태계와 상호작용을 하게 되며(Hein, et al., 2006), 이 과정에서 이해관계자는 산림 ES에 대한 인식(perception)과 가치(value)를 다양하게 형성하게 된다(Cowling et al., 2008; Vermeulen and Kozell, 2002). 따라서 지역사회를 대상으로 ES의 인식을 파악하는 것은 광산 지역에서 발생할 수 있는 ES를 총괄적으로 이해하고, 부정적 영향을 최소화하는데 도움을 줄 수 있다. 또한 인식 조사는 광산활동에 영향을 받은 지역주민의 개인적 가치, 신념 등이 반영된 중요한 ES를 확인할 수 있어, 광산활동 이전부터 전통적으로 특정 ES에 의존했던 지역사회의 복지에도 기여할 수 있다.

하지만 폐광 이후 훼손된 산림지역은 복토 및 조림 등 단일 기능²⁾에 중점을 둔 산림복구가 대부분 이루어져 왔다(Jeong et al., 2010). 이로 인해, 폐광 산림복구지는 생태학적·사회적·경제적 측면을 고려한 통합된 접근법이 부족하며, 이와 관련한 과학적 연구도 국내에서는 거의 이루어지지 않았다. 국내 연구는 Park(2007), Park et al.(2010), Yoo et al.(2011) 등에 의해 사회·경제적 연구가 일부 수행되었으나, 주로 현황분석 및 거시적 추정에 초점을 맞추고 있어서 산림복구지역의 지역사회와 관련한 실증적 연구와 자료가 여전히 부족한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 폐광 지역의 산림복구와 관련한 다양한 생태계서비스의 주요 항목을 선별하고, 각 항목에 대해 지역사회의 인식과 주요 서비스를 식별하는 것이다. 이를 위해 1) 광산활동과 생태계서비스의 개념 및 흐

1) 산림복구사업 현황은 산림훼손지 2,324개 중 2007년 이전까지 300개이며, 1차 실적('06~'11)은 81개, 2차('12~'16)은 28개, 3차('17~'21)는 39개로 총 436개(18.7%)의 복구사업 완료

2) 토양과 증금속, 수질, 식생, 탄소 변화량 등과 같이 폐광의 산림복구에 따른 전·후 비교 연구

Table 1. Study area.

No	Forest rehabilitation location	Servicesheds
1	San 1-35, Gurae-ri, Sangdong-eup, Yeongwol-gun, Gangwon-do	Jeongseon-gun, Sabuk-eup (direct and indirect beneficiary)
2	San 67-1, Tong-dong, Taebaek-si, Gangwon-do	Tong-dong (direct beneficiary) Downtown Taebak-si (indirect beneficiary)

3. 광산활동과 관련된 생태계서비스 항목(안) 도출

Boldy et al.(2021)에 따르면, 광산활동과 생태계서비스를 직접적으로 평가한 논문은 2020년까지 60편이었다. 2011년을 기준으로 이전은 연간 3편 미만의 논문이 발표되었으나, 이후 2020년까지 연간 11편까지 증가되었다. 주요 연구 분야는 생물학, 물 관련 문제, 생태학, 보전, 정책 및 관리 등 사례연구, 즉 지역 단위(local unit)에서 ES 평가가 이루어졌다.

본 연구는 선행연구를 기반으로 광산활동과 관련한 다양한 ES를 The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB, 2010)의 기준에 따라 분류하였다. 2010년 출판된

TEEB(2010)는 공급서비스, 조절서비스, 문화서비스, 서식지서비스로 ES를 구분한다. 이 기준은 Millennium Ecosystem Assessment 등과 같이 이전의 생태계서비스 분류에서 발생한 중복산정(double counting)을 최소화할 수 있다는 장점으로 인해 국내외 연구 및 정책에서 많이 활용되고 있다(Ahn, 2013). 따라서 해당 연구도 TEEB(2010)의 4가지 범주에 따라 국내 폐광산의 산림복구지가 제공할 수 있는 서비스 항목(안)을 1차로 Table 2와 같이 총 18개를 선별하였다(공급서비스 4개, 조절서비스 7개, 문화서비스 5개, 서식지서비스 2개).

Table 2. Mining activities relevant ES types and description.

Classification	Mining activities relevant ecosystem service types	Description
Provisioning service	Medicinal resources	All ecosystems not only provide medicinal resources but also serves as potential sources of medical assets.
	Fresh water	Forest and vegetation have a positive impacts on the amount of water available for use.
	Food	Food is produced by well-managed agricultural ecosystems, but also provided by coastal, marine, and forest ecosystems in terms of seafood and crops. In addition, one can obtain nutritional benefits by consuming various forest products.
	Raw materials	Forest provides valuable raw materials such as timber, bio-fuels, and construction materials.
Regulating service	Crop pollination	Insects and wind help pollinate plants and trees, supporting the production of agricultural and forest products. In forest restoration sites, considering the surrounding social conditions, selective tree species can be planted to assist in crop pollination.
	Local climate and air quality	Forest has a regional impact on rainfall and water availability. Trees and understory vegetation also regulate air quality by removing pollutants from the atmosphere.
	Biological control	Ecosystems regulate pests and diseases through the activities of predators and parasites. Birds, flies, wasps, frogs, fungi, and other organisms contribute to natural control roles.
	Moderation of extreme events	Natural disasters include floods, typhoons, landslides, and more. Ecosystems and organisms create buffering mechanisms to mitigate potential damages caused by natural disasters. For example, reforestation can help stabilize slopes and prevent landslides through tree planting.
	Waste-water treatment	Biological activities of soil micro-organisms help decompose waste and reduce the level of pollution, including waste materials.
	Carbon sequestration and storage	As trees grow, they remove carbon dioxide from the atmosphere and effectively sequester carbons in their tissues. Therefore, forest ecosystems serve as carbon sinks and contribute to enhancing the capacity of ecosystems to adapt to climate change impacts.
	Erosion prevention and maintenance of soil fertility	Soil erosion is a key factor in soil degradation and desertification processes. Afforestation in barren or degraded areas helps prevent soil erosion. Additionally, it improves soil fertility, supplying necessary nutrients to support ecosystem functioning and facilitate plant growth.

Table 2. (Continued)

Classification	Mining activities relevant ecosystem service types	Description
Cultural service	Recreation	Mining areas have infrastructure such as roads installed for mining activities. By utilizing such infrastructure, forest restoration sites in mining areas can be integrated with green spaces, providing diverse recreational and leisure opportunities and spaces.
	Educational value and tourism	Ecosystems and biodiversity are major sources of tourism industry and also provide economic benefits. Forest rehabilitation for ecosystem creation can be utilized as an educational platform, promoting cultural, eco, and educational tourism to convey the importance of forests to people.
	Aesthetic appreciation	Well-restored natural landscapes and ecosystems provide inspiration for culture, art, design, and more.
	Mental and physical health	Forest rehabilitation provides benefits for maintaining and enhancing both mental and physical health.
	Spiritual experience and sense of place	Mother nature is a common element for many religions and traditional knowledge, and provides places for community activities related to religions and traditional beliefs.
Habitat service	Habitats for species	Habitats provide essential elements such as food, water, and shelter for individual plants or animals to survive. Each ecosystem provides different habitats essential for life cycles of species.
	Maintenance of genetic diversity	Genetic diversity provides a gene pool that promotes the development of locally adapted varieties of different species and improves commercial crops and livestock. Certain forest restoration sites are designed to create exceptional habitats for a greater number of species or artificially create "biodiversity hotspots" with increased genetic diversity, reflecting the demand of indigenous species and the surrounding local communities.

4. 설문지 구성

지역 커뮤니티 인식조사를 위해 반 구조화(semi-structure)된 설문지를 사용하였다. 이 설문지는 응답자들이 자신의 태도나 의견의 강도를 나타내도록 0점부터 10점, 총 11점 리커트 척도(Likert scale)로 구성되어있다. 11점 척도는 다음과 같이 총 5가지의 장점이 있다(Taherdoost, 2019).

- ① 범주화(categorization) 영향의 최소화
- ② 자료 분석의 개선
- ③ 자료의 신뢰성(측정오류 완화)
- ④ 반응순서 편향이 없으며, 응답자의 상당수는 극단적 점수에 잘 평가하지 않는 경향 보장
- ⑤ 시간 절약

응답 척도는 조사 대상 및 현상에 따라 다르지만, 일반적으로 5점 척도는 2~4점에 대부분 점수가 편향되고, 7점 척도는 3~5점 사이에 절반 이상의 응답이 집중된다. 이처럼 5점 및 7점 척도는 응답의 제한된 변동성(variation) 등 불균형한 척도로 인해 잠재적인 응답 편향이 발생할 수 있다. 따라서 본 연구는 지역 커뮤니티의 설문대상 간의 명확한 응답 차이를 조사하고, 응답의 편향을 최소화하기 위해 11점 척도를 선택하였다(Scherpenzeel, 2002). 광산활동과 관련한 ES는 지역사회에 긍·부정적 두 가지 영향을 미치므로, Figure 2와 같이 설문지는 부정은 음수로 긍정

은 양수로 표현하고, 이후 자료분석에서 -5부터 -1의 음수(부정적 영향)를 1에서 5로, 1부터 5의 양수(긍정적 영향)는 6에서 10으로 변환하였다(Table 3). 그리고 설문지에 다양한 의견을 수용할 수 있도록 오픈형 항목을 추가하였다.

5. 인식조사

본 연구는 ES 항목에 대한 커뮤니티 인식조사 전, 1차적으로 각 커뮤니티의 정보제공자(informant)를 선정하였다. 정보제공자는 연구대상 집단을 잘 이해하고, 해당 집단에 대한 정보를 기꺼이 제공해주는 사람을 일컫는다(Cárcamo et al., 2014). 일반 응답자는 자신에 대한 정보를 제공하는 것을 말하고, 정보제공자는 속한 집단에 대한 정보를 제공할 수 있는 집단의 대표이다. 통상적으로 연구자는 연구하려는 집단을 어느 정도 대표하는 사람을 정보제공자로 선정한다. 본 연구는 서비스 지역의 마을 대표인 이장, 통장 등에게 지역현황(광산활동과 관련한 ES, 산림복구지 등)과 조사목적(ES 증진의 중요성과 산림복구지의 사후관리)을 설명하고, 일반주민의 의견수집에 대한 협조를 요청하였다.

다음으로 마을주민을 마을회관 및 경로당에 직접 소집을 요청하거나, 마을행사(예, 노인일자리 등)에 맞추어 인

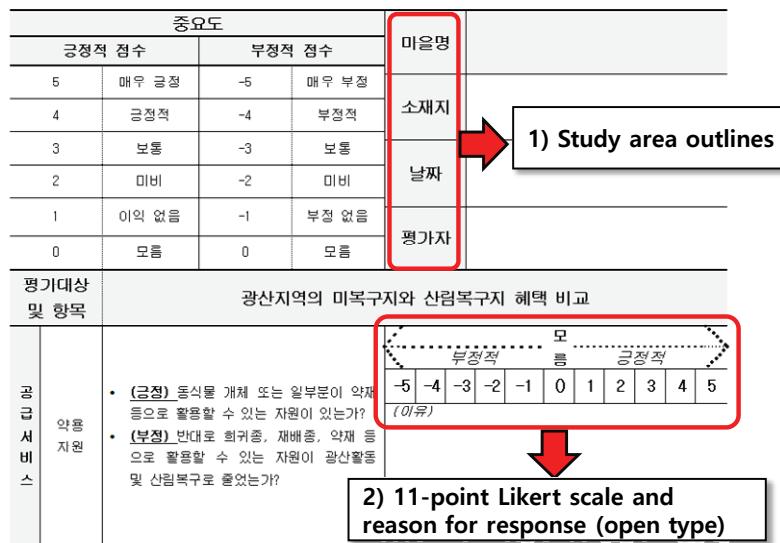


Figure 2. Perception survey field sheet for local communities.

Table 3. Likert 11-point labels and conversion points (Taherdoost, 2019).

Likert 11-point labels	Scale	Conversion point	
Negative	Very Strongly benefit	-5	1
	Strongly negative benefit	-4	2
	Negative benefit	-3	3
	Mostly negative benefit	-2	4
	Slightly negative benefit	-1	5
Unknown	Unknown	0	0
Positive	Slightly positive benefit	1	6
	Mostly positive benefit	2	7
	positive benefit	3	8
	Strongly Positive benefit	4	9
	Very Strongly positive benefit	5	10

식조사를 실시하였다. 이때, 일반주민이 생태계서비스의 개념을 명확히 이해하지 못한 상태에서 조사를 진행할 경우 응답의 유효성이 떨어질 수 있다. 본 연구는 이러한 문제를 최소화하기 위해, 인터뷰 진행자가 응답자에게 산림복구지와 ES의 개념, 그리고 전문용어에 대한 정보를 제공하고, 2~3회에 걸쳐 각 항목에 대해 쉬운 용어로 질문하였다. 예로 들어, 공급서비스의 약용자원에 대해 진행자는 응답자에게 “광산활동이 있던 지역에 나무를 심은 후, 그 지역에 더덕, 고사리, 당귀 같은 산나물 혹은 산약초가 늘었다고 생각하십니까(긍정) 아니면 오히려 줄었다고 생각하십니까(부정)?”라고 물었으며, 한 번 더 “대략적으로 1점~5점 중에서 얼마나 증가(또는 감소)했다고 생각하십니까?”로 질문 후, 최종적으로 응답자의 답변과 이유에 대해 진행자가 설문지에 기입하였다. 응답자 1명당

평균 30분 이상 인터뷰 시간이 소요되었으며, 응답자의 이해도를 높이기 위해 자기기입식보다는 인터뷰 진행자의 일대일 대면조사 방법을 선택하였다. 2022년 10월부터 12월까지 약 두 달 동안, 동일한 연구 대상지역을 2회 이상 방문하여 태백시 62명, 정선군 25명을 인터뷰하였다. 하지만 정선군의 경우, 정보 제공자가 조사목적과 상이한 요구를 하거나, 정보제공자의 감정적·공격적 자세 변화로 인해 자료수집이 어려워져 태백과 정선군의 표본 차이가 크게 발생하였다.

6. 자료분석

자료분석은 엑셀(Excel)을 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였고, SPSS 26.0의 빈도분석을 통해 인구·사회적 특성 및 인식을 분석하였다. 각 ES 항목에 대한 응답결과

분석은 Paudyal et al.(2018)의 기준을 적용하였다.

① 응답자의 6점에서 10점의 합계 50% 이상인 경우 → 인식 높음

② 응답자의 1점에서 5점의 합계 50% 이상인 경우 → 인식 낮음

긍정적 인식이 높은 항목 중 평균 점수가 높은 상위 5개의 항목을 주요 ES로 선정하여, 대상지별 핵심 ES로 구분하였다(Dorji et al., 2019; Lee, 2021).

결과 및 고찰

1. 인구·사회적 특성

Table 4는 커뮤니티 응답자에 대한 인구·사회적 특성을 보여준다. 총 87명의 응답자 중 60대 이상의 연령대가 83.9%로 대다수를 차지하고 있으며, 이 중 과거 광업에 종사한 거주민은 33.3%이며, 나머지 66.7%는 간접적 광업과 관련된 활동을 한 것으로 조사되었다. 응답자 중 63.2%가 연구대상지에 거주한지 40년 이상으로 대부분이 해당 지역의 토착민으로 나타났다.

2. 지역사회 전체 인식조사 결과

Table 5와 Figure 3은 광산지역의 ES에 대한 커뮤니티의 인식조사를 분석한 결과이다. 4개의 공급서비스 중에서 담수(fresh water)와 원재료(raw materials)가 각각 60.0%,

53.0%로 긍정적으로 인식되었다. 이는 광산지역의 지역 주민들이 깨끗한 물과 원재료 공급을 중요시 여기고 있다는 것을 의미한다. 다음으로, 7개의 조절서비스 중에서 5개인 국지기후 및 대기조절(local climate and air quality, 76.0%), 자연재해조절(moderation of extreme event, 68.0%), 수질정화(waste-water treatment, 67.0%), 탄소고정 및 저장(carbon sequestration and storage, 66.0%), 토양침식 방지(erosion prevent and maintenance of soil fertility, 59.0%)에 대한 인식이 높았다. 이러한 조절서비스 항목은 광산활동에서 발생할 수 있는 환경문제에 대한 인식으로도 볼 수 있다. 문화서비스는 5개 중 심신건강(mental and physical health, 75.0%), 심미적 가치 및 영감(aesthetic appreciation, 71.0%), 레크리에이션(recreation, 66.0%)에 대한 긍정적 인식이 높았다. 한편, 서식지서비스는 긍정과 부정 모두 50%에 미치지 못하여, 상대적으로 해당 서비스에 대한 이해와 인식이 낮은 것으로 조사되었다.

긍정적으로 인식된 주요 6개 항목은 조절서비스의 국지기후 및 대기조절(76.0%), 문화서비스의 심신건강(75.0%), 심미적 가치 및 영감(71.0%), 조절서비스의 자연재해조절(68.0%), 수질조절(67.0%), 탄소고정 및 저장(66.0%) 순으로 나타났다. 공통적으로 긍정적 인식이 높은 항목은 문화와 조절서비스에 집중되어 있으며, 지역 커뮤니티의 삶의 질과 관련된 서비스가 대부분이었다. 반대로 부정적으로 인식된 주요 4개 항목은 생물학적 방제(biological control)

Table 4. Demographic characteristics.

Classification		N	%
Region	Taebaek-si	62	67.4
	Jeongseon-gun	25	27.2
Age group	40's	4	4.6
	50's	10	11.5
	60's	26	29.9
	70's	31	35.6
	over 80's	16	18.4
	Non-response	0	0
Mining profession	YES	29	33.3
	NO	58	66.7
	Non-response	0	0
Length of residence	<10	8	9.2
	<20	3	3.4
	<30	6	6.9
	<40	14	16.1
	40≥	55	63.2
	Non-response	1	1.1

Table 5. Communities' ES perceptions of forest rehabilitation in abandoned mine area.

ES classification from TEEB(2010)		ES perception (%)			Mean	SD
		Negative	Positive	Unknown		
Provisioning service	Medicinal resource	37.0	48.0	15.0	5.1	3.4
	Freshwater	29.0	60.0	11.0	5.3	3.2
	Food	47.0	41.0	11.0	4.7	3.2
	Raw materials	33.0	53.0	14.0	5.1	3.1
Regulating service	Crop pollination	37.0	49.0	14.0	5.3	3.1
	Local climate and air quality	18.0	76.0	6.0	6.7	3.1
	Biological control	51.0	44.0	6.0	4.9	3.0
	Moderation of extreme events	23.0	68.0	9.0	6.6	3.1
	Waste-water treatment	28.0	67.0	6.0	6.1	3.1
	Carbon sequestration and storage	9.0	66.0	25.0	5.8	3.8
	Erosion prevent and maintenance of soil fertility	20.0	59.0	22.0	5.3	3.6
Cultural service	Recreation	28.0	66.0	7.0	6.3	2.9
	Education value and tourism	33.0	46.0	21.0	4.9	3.5
	Aesthetic appreciation	21.0	71.0	8.0	7.1	3.0
	Mental and physical health	21.0	75.0	5.0	7.2	2.7
	Spiritual experience and sense of place	30.0	44.0	26.0	4.2	3.4
Habitat service	Habitats for species	31.0	45.0	24.0	4.5	3.4
	Maintenance of genetic diversity	29.0	45.0	26.0	4.8	3.6

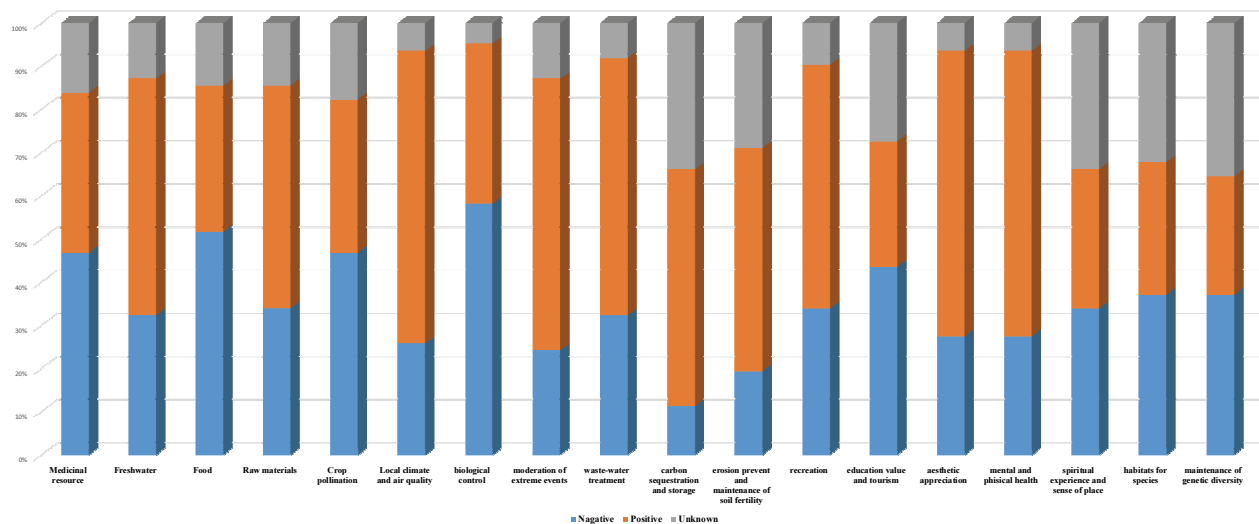


Figure 3. Communities' ES perceptions (n = 87) of forest rehabilitation in abandoned mine area (%).

가 51.0%, 식량(food)이 47.0%, 약용자원(medicinal resource) 과 작물 수분(crop pollination)이 37.0%로 분석되었다. 유사 연구의 경우, 해당 항목들은 지역주민의 생계와 밀접한 관련이 있고, 직접적인 경험과 가시화가 가능한 서비스이기 때문에, 일반적으로 인식이 긍정적으로 나타난다(Dorji et al., 2019). 특히, 지역자원에서 이용가능성이 높은 재화

(food, raw materials)를 창출하거나, 수입기회를 제공하는 데 기여하는 서비스(crop pollination 등)는 긍정적으로 평가되었다(Lhoest et al., 2019, Mengist et al., 2022). 하지만 본 연구는 유사연구와 반대로 분석되었다. 이는 폐광 산림 복구지가 지역주민에게 유용성과 활용성이 낮고, 생계 혹은 복지 측면에서 상호작용이 부족했기 때문인 것으로 판

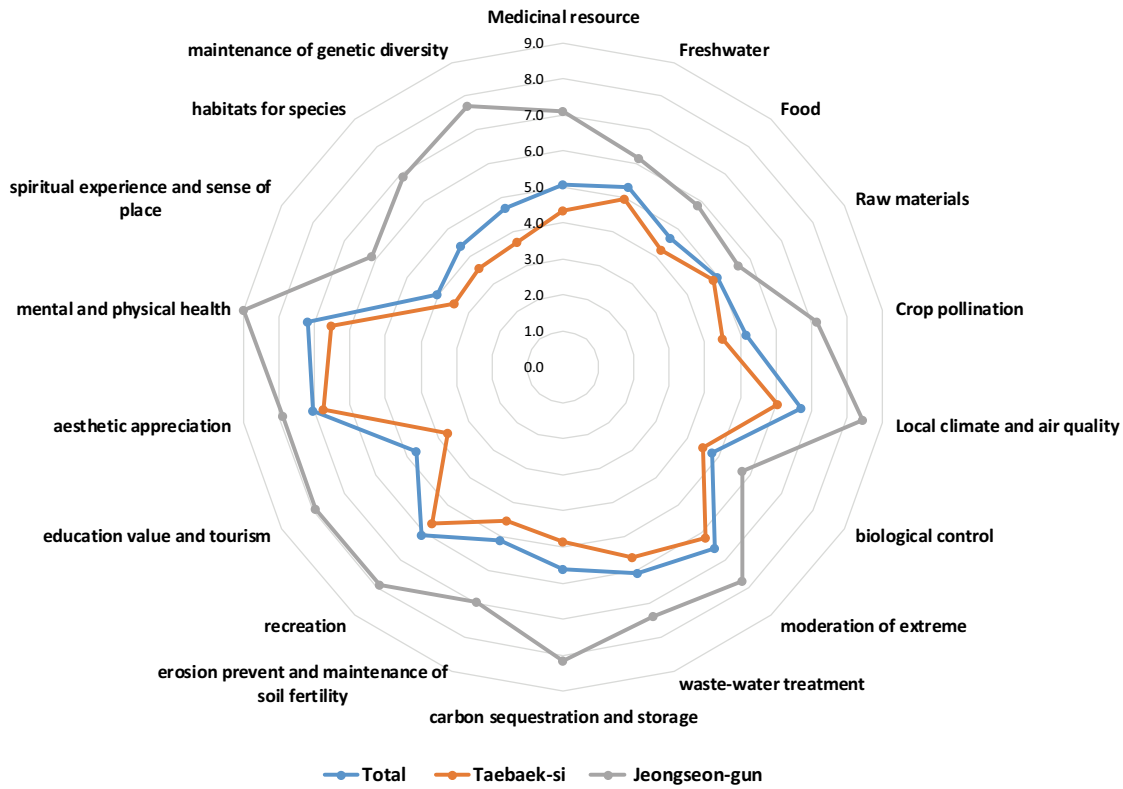


Figure. 4. Communities' average scores of ES based on Likert 11 points (0 to 10).

단된다. 한 예로 ‘약용자원’ 과 ‘식량’의 경우, 산림녹화용 수종(아까시나무, 싸리나무, 오리나무 등)보다 유용한 머루, 다래 등 수실류와 마가목 등 약용류에 대한 의견이 빈번히 제시되었다. 또한 ‘생물학적 방제’와 관련하여, 산림복구지에 식재된 속성수(오리나무 등)로 인하여 산모기와 같은 해충이 증가하여 생활에 불편함이 가중되었다는 의견도 공통적으로 제기되었다.

또한 본 연구결과는 유사연구와 비교하여, 사회적 환경으로 인한 결과로 해석될 수 있다. 연구대상지가 그들의 생계와 웰빙을 위해 식량, 건설재, 생활용품, 의약품 등을 얻을 수 있는 천연자원과의 상호작용이 필수적이지 않기 때문이다. 또한 대부분의 산림복구지가 국유림이므로 지역주민이 산림을 직접적으로 이용하는데 어려움이 있었을 것이다. 하지만 이러한 환경적 차이를 감안하더라도 산림복구지가 해당 지역사회와 토착화되는 과정에서 역사적·문화적으로 상호작용을 하면서 해당 지역주민 생활의 환경적 질을 높였다면, 유사 연구들의 결과와 같이 긍정적으로 나타났을 것이다(Harrison et al., 2018). 즉, 본 연구결과는 산림복구지가 지역사회와 연계성이 부족하다는 것을 의미하거나, 광산활동 이전부터 전통적으로 공급서비스에 의존했던 지역사회와 주민들을 고려하지 않은 산림복구로 지역사회와 공급서비스의 ES 흐름이 단절된 것을

보여주는 결과이므로, 향후 산림복구지의 생태계서비스 증진을 위해서 반드시 지역사회의 복지를 고려해야 할 것이다(Howe et al., 2014).

한편 ‘탄소고정 및 저장’, ‘서식처’와 ‘종다양성’은 서비스 인식이 낮게 나타났다(‘모름’의 응답이 높음). 해당 서비스는 일반적으로 ES 연구에서 다른 평가항목을 도출하기 위해 전제가 되는 여건에 해당하며, 인간의 영향에 따라 간접적으로 장시간 걸쳐 발생하므로 인식되기 어렵다(Anh, 2013). 또한 무형의(Intangible) 서비스로서 ES가 발생하는 과정에 대한 깊은 지식이 요구되므로 해당 서비스들을 인지하고 산림복구지와 연결하기 어려운 것이 사실이다(Cifuentes-Espinosa et al., 2021). 국외 유사연구에서도 해당 항목들은, 환경교육, 환경프로그램 등이 부족한 경우, 탄소고정, 서식처, 종다양성 서비스가 다른 서비스보다 인식이 낮거나 부정적인 결과로 나타났다(Zhang et al., 2015; Lee, 2021). 해당 연구의 인식결과도 다른 항목과 비교하여, 3가지 항목이 상대적으로 ‘모름(unknown)’에 대한 응답률이 높게 도출되었다(탄소고정 및 저장, 25.0%; 서식처, 24.0%; 종다양성, 26.0%).

3. 핵심 생태계서비스 식별

지역 커뮤니티의 긍정적 응답 중에서 평균 점수를 중심

으로 주요 5가지 생태계서비스를 도출하였다(Table 6, Figure 4). 18개 평가항목 중 1순위는 10점 중 문화서비스의 ‘심신건강’이 7.2점으로 가장 높았다. 다음으로 문화서비스의 ‘심미적 가치 및 영감’이 2순위(7.1점)로 분석되었으며, 3순위는 조절서비스의 ‘국지기후 및 대기조절(6.7점)’, 4순위는 ‘자연재해조절(6.6점)’, 5순위는 ‘레크리에이션(6.3점)’으로 나타났다.

태백시의 1순위는 ‘심미적 가치 및 영감(6.8점)’이었으나, 정선군은 ‘심신건강(9.0점)’이었다. 2순위는 태백시의 경우, ‘심신건강(6.5점)’이고, 정선군은 ‘국지기후 및 대기조절(8.4점)’이었다. 3순위는 태백시와 정선군 모두 조절서비스이었으나, 세부적으로 태백시는 ‘자연재해조절(6.2점)’, 정선군은 ‘탄소고정 및 저장(8.2점)’으로 차이를 보였다. 한편, 정선군의 ‘탄소고정 및 저장’(8.2점)은 무형의 서비스로서 낮은 인식을 보이는 것이 일반적이다(Cifuentes-Espinosa et al., 2021). 하지만 본 연구에서 ‘탄소 고정 및 저장’이 정선군 지역사회의 주요 ES로 분석되었으므로, 향후 관련 항목에 대한 추가 조사가 이루어져야 할 것이다. 향후 후속연구를 통해 정선지역의 핵심 ES가 ‘탄소고정 및 저장’으로 규명된다면, 산림탄소상쇄 사업지로서 지역주민이 참여할 수 있는 사후산림 관리모델이 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 4순위와 5순위의 태백시는 ‘국지기후 및 대기조절(6.1점)’과 ‘레크리에이션(5.7점)’이며, 정선군은 ‘레크리에이션’, ‘교육적 가치 및 투어’, ‘심미적 가치와 영감’이 동일하게 7.9점으로 문화서비스의 평가항목이 높은 순위를 차지하였다. 지역별 주요 ES는 3순위를 제외하고, 대부분 동일하였다. 점수가 높은 서비스들은 생활환경에 긍정적 혜택을 주었거나, 향후 삶의 질을 높일 수 있는 항목들이었다. 특히 지역 커뮤니티는 광산지역의 산림복구지를 활용한 산림레저, 산림스포츠, 산림치유 등 산림복지와 연계된 SW 개발에 높은 관심을 보였다.

하지만 상위 서비스의 평균 점수가 6~7점에 국한되어, 실제 지역사회에 미치는 영향은 미비한 것으로 판단된다. 이는 미복구지와 비교하여, 산림복구지의 긍정적 인식은 명확하나 삶의 질을 제고하고, 현지 주민의 생계를 지원할 수 있도록 산림복구지의 사회·경제적 측면이 강화될 필요가 있다는 것을 시사한다. 향후 광산지역 산림복구지의 문화 및 조절서비스를 증진하고, 지역주민의 ES에 대한 인식을 향상시키기 위해서 다음과 같은 조치가 필요하다. 첫째, 폐광산 산림복구지의 임분 환경이 건강한 산림으로 변화하도록 지속적인 숲가꾸기가 이루어져야 한다. 이를 위해, 국유림 산림경영계획과 같이 폐광지역의 산림복구지를 대상으로 한 별도의 관리주체를 선정하고 산림경영계획을 수립할 필요성이 있다. 둘째, 산림복구지와 관련된

ES를 지속적으로 모니터링하고, 산림복구의 효과를 추적할 수 있는 지표와 사후관리 매뉴얼을 개발해야 한다. 셋째, 산림복구지에 대한 ES의 관리 및 보전 방안을 마련할 경우, 지역주민들의 우선순위(긍정적 항목)와 우려사항(부정적 항목)을 고려하여 지역사회 공공참여를 유도하는 것이 중요하다. 특히 지역사회 연계형 사회 네트워크 프로그램을 개발하여 지역사회 주민들이 산림복구와 ES에 대한 관심과 참여를 높여야 한다. 마지막으로 지역 자원관리 및 ES의 이해도를 높이기 위한 학술적 연구와 환경교육 프로그램을 촉진해야 한다. 이를 통해 지역주민 및 이해관계자들은 간접적 ES의 가치와 중요성을 심도있게 이해할 수 있을 것이다.

결론

광업은 우리나라 경제발전에 크게 기여하였으나, 광석 채굴 후 훼손된 지역은 국토의 효율적이고 지속가능한 이용과 생태계 보전 측면에서 장애요인으로 남아있다(Park et al., 2010). 포스트마이닝(post-mining) 시대를 맞이하여, 본 연구는 국내 폐광산지역의 산림복구지를 지속가능하게 활용하고 관리하기 위해 산림복구에 따른 수혜자를 구분하고, 사회·경제적 편익을 포착할 수 있도록 지역사회가 어떻게 폐광산의 산림복구지를 인식하는지 조사하였다. 이 연구는 구체적인 서비스 지역과 직·간접 수혜자를 선정하고, 11점 척도로 구성된 반구조화 설문지를 사용하여 각 ES 평가항목별 인식조사를 통해 주요 ES를 식별함으로써, 폐광산지역의 산림복구지가 제공하는 핵심 ES와 지역사회의 사회적 수요를 도출하였다. 그 결과, 지역사회 모두 지역사회에서 실생활과 밀접하게 연관되면서, 지역 주민에게 긍정적 혜택을 주었거나 향후 삶의 질을 높일 수 있는 문화서비스(심신건강, 심미적 가치 및 영감, 레크리에이션)와 조절서비스(국지기후 및 대기조절, 자연재해조절)를 중심으로 인식과 수요가 높은 것으로 나타났다. 또한 과거 지역주민을 고려하지 않은 산림복구로 지역사회와 공급 ES의 흐름이 단절된 것으로 보이며, 향후 산림복구지의 지속가능한 이용 및 생태계 증진을 위해서 반드시 지역사회의 복지를 고려한 복구과정이 필요할 것으로 판단된다.

하지만 본 연구는 지역사회의 ES 수요분석에 초점을 두었기 때문에, 폐광산 산림복구지에 대한 핵심 ES의 정량화와 가치평가가 부족하다. 후속연구는 수요가 높은 ES를 중심으로 지역 단위에서 측정가능한 지표(Indicator)를 조사하고, 정량화가 가능한 항목에 대해 가치평가(대체비용 등)가 이루어져야 한다. 또한 정선군은 30명 미만의 표본

크기로 모든 항목이 긍정적으로 나타났으므로(Supplementary materials Table S1, S2), 자료보완을 통해 해당 연구로 식별된 해당 핵심 ES를 재검토해야한다. 이러한 한계점에도 불구하고, 본 연구결과는 지역 커뮤니티의 ES에 부여하는 우선순위를 이해하는데 도움을 줄 뿐만 아니라, 폐광산 산림복구지의 관리 및 정책개발을 지원하는데 유용한 정보를 제공함으로써 지속가능한 자원관리를 모색하는데 도움을 줄 것이다.

감사의 글

본 연구는 한국광해광업공단(Korea Mine Rehabilitation and Mineral Resources Corporation) 기술연구사업(20223208188)을 지원받아 수행되었습니다.

References

- Ahn, S.E. 2013. Definition and classification of ecosystem service for decision making. *Journal of Environmental Policy* 12(2): 3-16.
- Blanco, C.F., Marques, A. and Van Bodegom, P.M. 2018. An integrated framework to assess impacts on ecosystem services in LCA demonstrated by a case study of mining in Chile. *Ecosystem Services* 30: 211-219.
- Boldy, R., Santini, T., Annandale, M., Erskine, P. and Sonter, L.J. 2021. Understanding the impacts of mining on ecosystem services through a systematic review. *The Extractive Industries and Society* 8: 457-466.
- Burton, P.J. and Macdonald, S.E. 2011. The restorative imperative: challenges, objectives and approaches to restoring naturalness in forests. *Silva Fennica* 45: 843-863.
- Cárcamo, P.F., Garay-Flühmann, R., Squeo, F.A. and Gaymer, C.F. 2014. Using stakeholders' perspective of ecosystem services and biodiversity features to plan a marine protected area. *Environmental Science & Policy* 40: 116-131.
- Cifuentes-Espinosa, J.A., Feintrenie, L., Gutiérrez-Montes, I. and Sibelet, N. 2021. Ecosystem services and gender in rural areas of Nicaragua: Difference perception about the landscape. *Ecosystem Services* 50: 101294.
- Cowling, R.M., Egoh, B., Knight, A.T., Reyers, B., Rouget, M., Roux, D.J., Welz, A. and Wilhelm-Rechman, A. 2008. An operational model for mainstreaming ecosystem services for implementation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 105: 9483-9488.
- Dorji, T., Brookes, J.D., Facelli, J.M., Sears, R.R., Norbu, T., Dorji, K., Chhetri, Y.R. and Baral, H. 2019. Socio-cultural values of ecosystem services from oak forests in the Eastern Himalaya. *Sustainability* 11: 2250.
- Energytimes. 2018. 산림탄소상쇄사업, 광해관리공단 폐광 중심으로 추진. <https://www.energytimes.kr/news/articleView.html?idxno=50360>. (2023.08.28.).
- Grant, C. and Koch, J. 2007. Decommissioning Western Australia's first bauxite mine: co-evolving vegetation restoration techniques and targets. *Ecological Management & Restoration* 8: 92-105
- Harrison, P.A. et al. 2018. Selecting methods for ecosystem service assessment: A decision tree approach. *Ecosystem Services* 29: 481-498.
- Hein, L., van Koppen, K., de Groot, R.S. and van Ierland, E.C. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystem services. *Ecological Economics* 57: 209-228.
- Howe, C., Suich, H., Vira, B. and Mace, G.M. 2014. Creating win-wins from trade-offs? Ecosystem services for human well-being: a meta-analysis of ecosystem service trade-offs and synergies in the real world. *Global Environmental Change* 28: 263-275.
- Jeong, Y., Lee, I., Lim, J., Seo, K.W. and Lee, C.H. 2010. Comparison of seedling growth by treatment of vegetation basis in an Abandoned coal mine area. *Journal of Mine Reclamation Technology* 13: 87-96.
- Jung, M.H., Kwon, H.H., Choi, G.S. and Kim, S.L. 2010. Characteristics of soil chemical and microbiological properties in abandoned coal mine forest rehabilitation areas. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer* 43: 546-551.
- Lee, B. 2021. Perception and prioritization of ecosystem services from bamboo forest in Lao PDR: Case Study of Sangthong District. *Sustainability* 13: 13060.
- Lhoest, S., Dufrene, Ma., Vermeulen, C., Oxzwald, J., Doucet, J-L. and Fayolle, A. 2019. Perceptions of ecosystem services provided by tropical forest to local population in Gameroon. *Ecosystem Services* 38: 100956.
- Mandle, L. et al. 2020. Increasing decision relevance of ecosystem service science. *Nature Sustainability* 4: 161-169.
- Mengist, W., Soromessa, T., Feyisa, G.L. and Jenerette, G.D. 2022. Socio-environmental determinants of the perceived value of moist Afromontane forest ecosystem service in Kaffa Biosphere Reserve, Ethiopia. *Forest Policy and Economics* 36: 102688.
- Mitchell, M.G.E., Suarez-Castro A.F., Martinez-Harm, M., Maron, M., McAlpine, C., Gaston, K.J., Johansen, K.

- and Rhodes, J.R. 2015. Reframing landscape fragmentation's effects on ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* 30: 190-198.
- MIRECO (Mine Reclamation Corporation). 2021. *Journal of mine reclamation technology and policy* 21. Mine Reclamation Corporation Jonju-si. pp. 26.
- MOTIE (Ministry of Trade, Industry and Energy). 2022. 4th Mine reclamation basic plan (2022~2026). https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:rL3l6gCP_h64J:https://www.motie.go.kr/common/download.do%3Ffid%3Dbbs%26bbs_cd_n%3D72%26bbs_seq_n%3D210357%26file_seq_n%3D1&cd=1&hl=ko&ct=clnk&gl=kr. (2022.12.28).
- Neves, A.C.O., Nunes, F.P., De Carvalho, F.A. and Fernandes, G.W. 2016. Neglect of ecosystems services by mining, and the worst environmental disaster in Brazil. *Natureza & Conservação* 14: 24-27.
- NIFoS (National Institute of Forest Science). 2020. *Federal Resource Management and Ecosystem Services Assessment Methods*. National Institute of Forest Science. Seoul. pp. 33.
- Park, J.H., Lee, J.W. and Park, C.M. 2010. Analysis of the case of the rehabilitation quarrying after using quarrying site. *Journal of Mine Reclamation Technology* 1: 67-75.
- Park, J.S. 2007. Mine reclamation and forest rehabilitation plan, *Journal of The Korea Society of Forest. Engineering and Technology* 5: 84-86.
- Paudyal, K., Baral, H. and Keenan, R.J. 2018. Assessing social values of ecosystem service in the Phewa Lake Watershed Nepal. *Forest Policy and Economics* 90: 67-81.
- Scherpenzeel, A. 2002. Why Use 11-Point Scales? https://www.researchgate.net/publication/241262409_Why_Use_11-Point_Scales. (2022.12.26.)
- Sonter, L.J., Herrera, D., Barrett, D.J., Galford, G.L., Moran, C.J. and Soares-Filho, B.S. 2017. Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon. *Nature Communications* 8: 1-7.
- Tallis, H. et al. 2012. A global system for monitoring ecosystem service change. *Bioscience* 62: 977-986.
- Taherdoost, H. 2019. What is the best response scale for survey and questionnaire design; Review of different lengths of rating scale / attitude, scale / Likert scale. *International Journal of Academic Research in Management* 8: 1-10.
- TEEB. 2010. A synthesis of the approach, conclusions and recommendations of TEEB. *The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Mainstreaming the Economics of Nature*. UNEP, Geneva.
- Vermeulen, S. and Koziell, I. 2002. *Integrating Global and Local Values: A Review of Biodiversity Assessment, Natural Resource Issues Papers*. Institute for Environment and Development, London, UK.
- Villarreal-Rosas, J., Sonter, L.J., Runting, R.K., Lopez-Cubillos, S., Dade, M.C., Possingham, H.P. and Rhodes, J.R. 2020. Advancing systematic conservation planning for ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* 35: 1129-1139.
- Yoo, S.H., Lee, J.S., Kwak, S.Y. and Euh, S.S. 2011. Assessment of value of mine reclamation project, *Journal of the Korean Society of Mineral and Energy Resources Engineers* 48: 127-136.
- Zhang, W., Kato, E., Bhandary, P., Nkonya, E.M., Ibrahim, H.I. and Agbonlahor, M.U. 2015. Communities' perceptions and knowledge of ecosystem services: Evidence from rural communities in Nigeria. *Ecosystem Services* 22: 150-160.

Manuscript Received : May 20, 2023

First Revision : August 29, 2023

Second Revision : March 4, 2024

Accepted : March 5, 2024

Supplementary Materials

Table S1. Taebaek community's ES perceptions of the forest rehabilitation in abandoned mine areas.

ES classification from TEEB (2010)		ES perception (%)			Mean	SD
		Negative	Positive	Unknown		
Provisioning service	Medicinal resource	46.8	37.1	16.1	4.4	3.1
	Freshwater	32.3	54.8	12.9	5.0	3.2
	Food	51.6	33.9	14.5	4.2	3.0
	Raw materials	33.9	51.6	14.5	4.8	2.9
Regulating service	Crop pollination	46.8	35.5	17.7	4.5	3.0
	Local climate and air quality	25.8	67.7	6.5	6.1	3.2
	Biological control	58.1	37.1	4.8	4.5	2.9
	Moderation of extreme events	24.2	62.9	12.9	6.2	3.2
	Waste-water treatment	32.3	59.7	8.1	5.6	3.2
	Carbon sequestration and storage	11.3	54.8	33.9	4.9	3.9
	Erosion prevent and maintenance of soil fertility	19.4	51.6	29.0	4.6	3.5
Cultural service	Recreation	33.9	56.5	9.7	5.7	3.0
	Education value and tourism	43.5	29.0	27.4	3.7	3.1
	Aesthetic appreciation	27.4	66.1	6.5	6.8	2.8
	Mental and physical health	27.4	66.1	6.5	6.5	2.7
	Spiritual experience and sense of place	33.9	32.3	33.9	3.5	3.2
Habitat service	Habitats for species	37.1	30.6	32.3	3.6	3.1
	Maintenance of genetic diversity	37.1	27.4	35.5	3.7	3.3

Table S2. Jeongseon community's ES perceptions of forest rehabilitation in abandoned mine area.

ES classification from TEEB (2010)		ES perception (%)			Mean	SD
		Negative	Positive	Unknown		
Provisioning service	Medicinal resource	12.0	76.0	12.0	7.1	3.6
	Freshwater	20.0	72.0	8.0	6.2	3.3
	Food	36.0	60.0	4.0	5.8	3.4
	Raw materials	32.0	56.0	12.0	5.6	3.5
Regulating service	Crop pollination	12.0	84.0	4.0	7.2	2.5
	Local climate and air quality	0.0	96.0	4.0	8.4	2.1
	Biological control	32.0	60.0	8.0	5.8	3.2
	Moderation of extreme events	20.0	80.0	0.0	7.8	2.7
	Waste-water treatment	16.0	84.0	0.0	7.4	2.4
	Carbon sequestration and storage	4.0	92.0	4.0	8.2	2.2
	Erosion prevent and maintenance of soil fertility	20.0	76.0	4.0	7.0	3.2
Cultural service	Recreation	12.0	88.0	0.0	7.9	2.1
	Education value and tourism	8.0	88.0	4.0	7.9	2.5
	Aesthetic appreciation	4.0	84.0	12.0	7.9	3.3
	Mental and physical health	4.0	96.0	0.0	9.0	1.4
	Spiritual experience and sense of place	20.0	72.0	8.0	6.1	3.4
Habitat service	Habitats for species	16.0	80.0	4.0	6.9	2.9
	Maintenance of genetic diversity	8.0	88.0	4.0	7.7	2.5