

발전사업자의 차단기 교체비용 분담에 대한 이론적 분석: 순차적 균등기여규칙의 활용[†]

김광호*

요약: 본 연구는 신규 발전기 진입에 따라 기존사업자들이 차단기를 교체해야 하는 경우 발생하는 교체비용 분담을 이론적으로 분석한다. 협조게임이론의 비용배분 문제에 널리 쓰이는 순차적 균등기여규칙을 비용배분 규칙으로 채택하고 몇 가지 기준에 따라 다양한 비용배분 안을 도출한 후 각 대안이 바람직한 여러 공리들을 얼마나 충족시키는지 조사한다. 분석에 따르면 (i) 신규사업자의 비용, 잔존가치, 망운영자를 제외하는 안과 (ii) 신규사업자의 비용과 잔존가치는 제외하고 망운영자는 포함하는 안이 다른 안들에 비해 상대적으로 우수한 것으로 나타난다. 또한 현실적 요인을 고려하여 현실성이 높은 배분안을 찾고 그 공리적 특성을 분석한다.

주제어: 차단기, 비용배분, 공항문제, 순차적 균등기여규칙

JEL 분류: C71, L94, Q48

접수일(2022년 9월 30일), 수정일(2022년 11월 10일), 게재확정일(2022년 11월 15일)

[†] 본 연구는 『차단기 차단용량 초과시 합리적인 교체비용 부담 방안』, 정책용역 보고서, 한국전력공사, 2014의 제5장을 수정·보완한 것이다. 건설적인 조언을 해준 두 분의 심사자에게 감사드린다.

* 한양대학교 경제금융학부 교수, 교신저자(e-mail: kwanghokim@hanyang.ac.kr)

A Theoretical Analysis on the Sharing of Circuit Breaker Replacement Costs by Power Providers: An Application of Sequential Equal Contributions Rule[†]

Kwang-ho Kim*

ABSTRACT : This study theoretically analyzes the cost allocation of replacement costs that occur when existing operators have to replace circuit breakers due to the entry of new generators. We adopt the sequential equal contributions rule as the cost allocation rule, which is widely used in cost allocation problems in cooperative game theory. We derive various cost allocation plans based on several criteria and examine to what extent each alternative meets various desirable axioms. According to the analysis, (i) the alternative that excludes the cost of the new operator, residual value, and network operator and (ii) the alternative that excludes the cost of the new operator, residual value, and includes network operator are relatively superior to other schemes. We also identify a realistic plan by taking into account practical factors and analyze its axiomatic characteristics.

Keywords : Circuit breaker, Cost allocation, Airport problem, Sequential equal contributions rule

Received: September 30, 2022, Revised: November 10, 2022, Accepted: November 15, 2022.

[†]This paper is based on Chapter 5 of 「A Study on the Rational Cost Allocation for Replacing Circuit Breakers in Case of Interrupting Capacity Exceeded」, Research Report, KEPCO, 2014.

* Professor, Division of Economics and Finance, Hanyang University, Corresponding author (e-mail: kwanghokim@hanyang.ac.kr)

1. 서론

전기에 대한 사회적 수요가 증가하여 발전용량을 증설하는 경우, 신규 발전기 진입에 따라 기존사업자들이 차단기와 같은 전력계통 접속시설을 교체해야 하는 일이 발생한다. 시설교체는 당연히 비용을 수반하는데, 이러한 비용을 누가 부담할 것인가에 대해서는 원론적인 원칙이 정해져 있다. 송전접속비용 부담과 관련한 한전의 규정을 보면 제56조(송전접속비용 부담의 기본원칙) 1항에서 “고객이 전용으로 이용하는 접속설비에 대한 송전접속비용은 해당고객이 부담”하며 같은 조 4항에서 “계약된 접속설비에 변경이 있는 경우에는 고객과 한전이 협의하여 처리”하고 “변경비용(접속설비의 철거 및 신설 비용)은 원인유발자가 부담하는 것을 원칙으로 한다”라고 규정하고 있다. 또한 57조(송전접속비용 산정기준) 1항의 다 항목은 “한전은 접속설비의 내용연수, 노후화 및 차단용량 초과 등을 감안하여 접속설비의 성능유지 또는 개선을 위해 한전의 관련 기준에 따라 접속설비의 전부 또는 일부를 대체하거나 추가로 설치할 수 있으며, … 이 경우 한전은 접속설비 대체와 관련하여 필요한 사항을 고객과 협의한다”라고 규정하고 있다.

이와 같이 기본적으로 원인을 제공한 주체가 비용을 부담해야 한다는 원칙이 천명되어 있지만 이를 현실에 적용하는 것은 그리 간단한 문제가 아니다. 우선 원인 제공 주체를 분명하게 지목하는 것이 어려운 측면이 있다. 기존사업자의 접속시설 교체를 야기한 신규사업자가 일차적으로 비용 발생 주체라고 볼 수 있겠으나, 신규발전기 진입이 궁극적으로 전력 수요 증가에 기인하며 신규사업자는 이에 부응하는 것이라고 보면 신규사업자만을 원인 제공 주체라고 보기는 어려운 측면이 있다. 그런데 접속시설을 교체해야 하는 당사자인 기존사업자의 입장에서는 이러한 주장에 동의하기 어렵다는 점에서 기존사업자와 신규사업자 간에 이해가 상충된다. 이해상충은 기존사업자 간에도 존재할 수 있다. 각 발전사마다 설비용량이나 접속시설 교체비용이 상이하며 교체대상인 기존시설의 잔존가치 역시 다르다. 교체비용이나 기존시설의 잔존가치가 클수록 비용부담에 민감하게 반응할 수밖에 없다. 이러한 차이는 협상과정에서 기존사업자들이 단일한 목소리를 내는 것을 어렵게 만드는 요인으로 작용한다. 한편 신규사업자와 기존사업자는 공통적으로 비용을 최대한 망운영자에게 전가하려는 유인을 가지고 있다. 망운영자가 원론적으로 망의 보수와 유지를 책임지는 주체이고 신규발전기 진입이 결국 전기수

요 증가에 기인한 것이므로, 이에 따라 발생하는 비용을 기본적으로 망운영자가 부담해야 한다는 주장이 가능하기 때문이다. 이처럼 접속시설 교체비용 배분에는 복잡한 이해관계가 얽혀 있다. 크기가 정해져 있는 교체비용의 배분은 기본적으로 경기자가 다수인 제로섬 게임 상황이어서 협력적 요소보다는 대립적 요소가 강하다. 그런데 이러한 대립이 해결되지 않아 교체비용을 어떻게 배분할 것인가에 대한 원칙 도출에 실패한다면 사회적으로 바람직한 투자가 발생하지 않는 비효율이 발생하게 된다. 이러한 점에 비추어 볼 때 차단기와 같은 접속시설 교체비용을 어떤 원칙에 따라 누가 부담해야 하는지를 결정하는 것은 현실적으로 매우 중요한 문제가 된다.¹⁾

본 연구에서는 이러한 상황을 협조게임이론의 비용배분 문제(cost allocation problem)를 이용해 분석하고자 한다. 비용배분 문제는 공통의 비용이나 공통적 요소가 있는 비용을 여러 관련 당사자 간에 배분하는 문제를 가리킨다. 현실에서 비용을 배분해야 하는 사례는 쉽게 찾아볼 수 있다. 전기, 수도, 철도와 같이 망(network)이 존재하는 상황에서 망의 건설비용이나 유지·보수비용을 사업자 간에 배분하는 것이 대표적 사례이다. 둘 이상의 사업자가 사무공간이나 보관시설을 공동으로 사용하는 경우 임대료를 배분하는 것도 비용배분 상황이다. 상가건물에서 승강기나 계단의 유지·보수, 청소 등과 관련된 비용을 입주상인들 간에 배분하는 것 역시 비용배분의 사례이다.

일반적으로 비용배분 문제는 몇 가지 특성을 띤다. 우선 비용배분 문제에는 유일한 해법이 존재하지 않는다. 당사자 수가 2인 가장 단순한 경우에도 다양한 해법이 존재하며, 여러 해법 중 어느 것이 가장 우월한지 판정하기도 용이하지 않다. 판단을 위한 합의된 기준을 찾기 어렵기 때문이다. 그럼에도 불구하고 반드시 특정한 비용배분 방식을 채택하여야 함은 두말할 나위가 없다. 필요한 비용을 어떤 방식으로든 배분하여 조달해야만 사업이 원활하게 진행될 수 있기 때문이다.

비용배분 문제의 또 다른 특징으로 일반적인 자원배분과 뚜렷하게 대비되는 점은 비용배분을 결정해주는 시장기제가 존재하지 않는다는 것이다. 시장경제에서 자원배분은 일반적으로 시장기구와 가격에 의해 결정되지만, 비용배분 문제는 관련 당사자 간의 합

1) 본 연구의 배경이 된 연구용역은 국내 모 지역에서 신규발전기 진입에 따라 발생하는 차단기 교체비용의 부담을 둘러싼 당사자 간 갈등에서 출발하였다. 이는 본 논문의 주제가 현실적·정책적으로 큰 중요성을 띠고 있음을 시사한다.

의나 정부와 같이 강제력을 가진 외부주체가 정하는 규칙에 의해 결정되는 경우가 대부분이다. 이러한 이유로 비용배분을 분석할 때는 의사결정주체 간의 전략적 상호작용을 분석할 때 흔히 쓰이는 비협조게임이론보다는 협조게임이론이 더 적절한 분석도구가 된다. 협조게임이론은 참여자가 자발적으로 구속력 있는 계약(binding agreement)에 합의하여 연합(coalition)을 구성하는 경우를 상정하여 분석을 수행한다.

이러한 이유로 본 연구에서도 협조게임이론을 이용한 접근법을 채택할 것이다. 현실 사례의 구체적 요소를 모두 포함한 복잡한 설정을 상정하기보다는 상황을 추상화·일반화하여 적용의 폭을 넓히는 접근법을 택한다.

송배전망의 비용분담이나 요금체계에 관한 실증적 연구로는 박명덕(2015)과 안재균(2021)이 있다. 박명덕(2015)은 국내 송전설비 및 그와 관련한 지역갈등, 국내외 송전요금 현황을 조사하고, 송전요금을 현재와 달리 지역별로 차등하여 부과할 경우 각 지역의 부담액 변화를 추정하고 있다. 안재균(2021)은 시뮬레이션 방식을 통해 분산형 전원을 대상으로 하는 개인 간 전력거래가 지역 내에서 이루어지도록 하는 망이용요금제를 제시하고 있다. 이 논문들은 전력망과 관련한 비용 분담을 분석한다는 측면에서 본 논문과 연관성이 있으나, 이론적 접근이 아닌 실증적 접근을 취하고 있고 확립된 망에 대한 비용 분담을 주제로 하고 있어 신규사업자 진입에 따라 추가적으로 발생하는 비용의 분담을 주제로 하는 본 논문과는 차이가 있다. 김영세(2003)는 이론적 분석을 통해 전력산업 계통운용보조 서비스의 효율적 비용분담을 도출하고 있다. 이론적 접근을 취하고 있다는 점에서 이 논문은 본 논문과 공통점을 가지나, 본 논문이 공리에 입각한 협조게임이론을 분석도구로 사용하고 있는 반면 위 논문은 전통적인 최적화 관점에서 분석을 수행하고 있고 추가적 비용이 아닌 확립된 시스템의 비용 분담을 다루고 있다는 점에서 양자 간 차별성을 보인다.

논문의 이하 구성은 다음과 같다. 먼저 II 장에서는 분석을 위한 이론적 배경을 설명하고 III 장에서는 분석에 사용되는 상황을 설정한다. IV 장에서는 대안을 도출하고 II 장에서 제시한 공리에 따라 각 대안을 평가한다. 끝으로 V 장에서는 내용을 요약하고 후속연구 과제를 제시한다.

II. 이론적 배경

1. 비용배분 문제의 모형화²⁾

비용배분과 관련한 참여자나 사업주체의 수가 n 이라고 하자. 편의상 각 참여자를 숫자로 표시하고 전체 참여자의 집합을 $N = \{1, 2, \dots, n\}$ 이라고 하자. N 의 부분집합으로서 참여자들이 형성할 수 있는 연합을 S 로 표시하면 $S \subset N$ 이 성립한다.

한편 참여자 i 가 비용배분에 참여하지 않고 독자적으로 사업을 수행할 때 소요되는 개별비용을 c_i 로 표시하고, 모든 참여자의 개별비용을 모아 놓은 프로파일 (c_1, c_2, \dots, c_n) 을 비용구조라고 부르기로 한다. 여러 참여자들로 구성된 연합 S 가 독자적으로 사업을 수행할 때 소요되는 비용을 $c(S)$ 로 표시하면 모든 i 가 참여했을 때 조달되어야 하는 총비용은 $c(N)$ 이 된다.

이제 배분과 배분규칙에 대해 생각해보자. 각 참여자 i 가 총비용 $c(N)$ 중 부담하는 비용을 x_i 로 표시하면 하나의 배분은 $\sum_{i \in N} x_i = c(N)$ 을 만족하는 벡터 (x_1, x_2, \dots, x_n) 으로 나타낼 수 있다. 즉 배분은 각 참여자 i 가 부담하는 비용 프로파일이다.

우리의 주된 관심사인 비용배분 규칙은 주어진 비용함수 c 를 하나의 배분과 연결시키는 함수 ϕ 로 정의된다. 가능한 비용함수 c 의 집합을 C , 배분의 집합을 X 로 표시하면 $\phi: C \rightarrow X$ 가 성립한다. 예를 들어 두 참여자 1, 2만이 있어 $N = \{1, 2\}$ 이고 $c_1 = 11$, $c_2 = 7$, $c(N) = 15$ 인 상황을 생각해보자. 만약 둘이 비용을 균등하게 나눠가지는 규칙을 택한다면 이때 ϕ 는 $\phi(c) = (7.5, 7.5)$ 로 정의된다.

2. 공항문제와 순차적 균등기여규칙

1) 공항문제³⁾

공항문제(airport problem)라는 명칭은 공항의 활주로를 건설하는 비용을 항공사 간

2) 비용배분에 관한 보다 자세한 논의는 비용배분 문제의 방법론과 기본원리, 응용사례를 자세히 다루고 있는 Young(1994)을 참고하라.

3) Thompson(2007)은 협조게임이론과 비협조게임이론을 망라하여 공항문제에 대한 문헌과 주요 이론적 결과를 소개하고 있다.

에 어떻게 배분할 것인가 하는 문제에서 기인한다. 항공사별로 각기 다른 길이의 활주로를 필요로 하는 상황에서 모든 항공사를 수용하려면 가장 긴 길이의 활주로를 필요로 하는 항공사를 수용할 수 있는 규모로 활주로를 건설해야 하는데, 이때 전체 활주로 건설비용을 항공사 간에 어떻게 배분할 것인가는 현실적으로 매우 중요한 문제이다. 이와 유사한 문제는 다른 상황에서도 찾아볼 수 있다. 가령 관개수로를 따라 위치한 목장들을 생각해 보면, 수문에서 가장 가까운 목장은 수문과 자기 목장 사이의 수로만 필요한 반면 그 목장보다 수문에서 더 멀리 떨어진 목장은 위 구간을 포함한 더 긴 길이의 수로를 필요로 한다. 이때 관개수로 건설비용을 목장 간에 어떻게 배분할 것인가의 문제를 생각해 볼 수 있다. 중심지역과 주변지역을 잇는 도로상에 위치한 마을 간의 도로건설비용 배분문제도 유사한 구조를 띤다. 발전소를 예로 들면, 여러 공장이 각기 다른 시간에 전기를 사용하는 상황에서 모든 공장에 서비스를 제공하려면 사용량이 가장 큰 공장에 맞추어 발전용량을 정해야 하는데, 이때 발전시설 설치비용을 공장 간에 어떻게 배분할 것인가의 문제를 생각해 볼 수 있다.

위에서 든 예들은 모두 다음과 같은 측면에서 동일한 구조를 가진다. 우선 각 참여자들은 자신의 필요만을 충족시키는 데 필요한 개별비용을 가진다. 발전소의 예에서는 각 공장이 자신의 사용량에 맞춘 발전시설을 설치할 때의 비용이 개별비용이 된다. 한편 모든 참여자들을 수용하려면 모든 참여자의 개별비용 중 가장 큰 개별비용만큼의 총비용이 필요하다. 발전소의 예에서 공장들의 전력사용 시간대가 모두 다르므로 사용량이 가장 큰 공장에 맞추어 발전용량을 정하면 모든 공장에 전기를 공급할 수 있다. 단순화하면, 비용배분은 각 개별비용을 고려하여 최대개별비용을 각 참여자들에게 어떻게 배분할 것인가를 정하는 문제라고 할 수 있다.

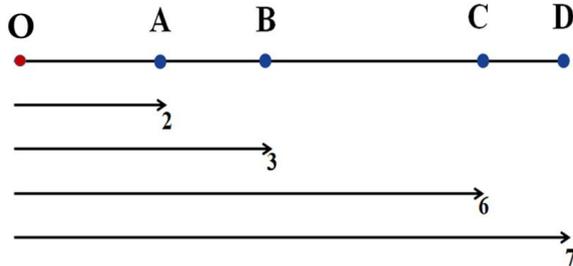
이를 정식화하면 다음과 같다. 참여자의 집합을 N 이라 할 때 각 참여자 $i \in N$ 는 개별비용 c_i 를 갖는다. 그리고 사업의 총비용은 $c(N) = \max_i c_i$ 이다. 따라서 이때 비용배분은 총비용 $\max_i c_i$ 를 참여자 간에 배분하는 문제가 된다. 즉 배분규칙은 주어진 c 에 대해 각 참여자의 기여분 $x(c) = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 을 정해주는 규칙이다. 여기서 $x_1 + x_2 + \dots + x_n = \max_i c_i$ 의 조건이 충족되어야 한다.

2) 순차적 균등기여규칙

본 연구에서는 비용배분을 위해 채택하는 규칙은 순차적 균등기여 규칙(sequential equal contributions rule, 이하 SEC)이다. 이 규칙은 시설규모를 사용자에게 따라 여러 구간으로 나누어 각 구간의 사용자에게 해당 구간 건설에 드는 비용을 균등하게 부담시키는 방법이다. 이 방식에 따르면 여러 참여자가 함께 사용하는 구간의 비용은 해당 구간 사용자들이 균등하게 나누어 부담하고, 혼자 사용하는 구간의 비용은 해당 사용자가 혼자 부담하게 된다.

이해를 돕기 위해 <그림 1>로 표시된 상황을 생각해보자. 사용자 A, B, C, D가 모두 O에서 시작되는 시설을 이용하는 상황이며, 개별비용은 $c_A = 2, c_B = 3, c_C = 6, c_D = 7$ 이다. 이때 OA 구간은 네 명이 모두 사용하므로 이 구간에 대해서는 각자 $2/4 = 1/2$ 씩 부담한다. 두 번째 구간인 AB는 B, C, D만 사용하므로 이 구간에 대해 이들이 각각 $(3-2)/3 = 1/3$ 씩 부담한다. 세 번째 구간인 BC는 C, D만 사용하므로 이 구간에 대해 둘이 각각 $(6-3)/2 = 3/2$ 씩 부담한다. 끝으로 네 번째 구간인 CD는 D만 사용하므로 D가 $(7-6) = 1$ 을 모두 부담한다. 이를 종합하면 A는 $1/2$, B는 $1/2 + 1/3 = 5/6$, C는 $1/2 + 1/3 + 3/2 = 7/3$, D는 $1/2 + 1/3 + 3/2 + 1 = 10/3$ 을 각각 부담하게 된다.

<그림 1> 공항문제의 예시



공항문제처럼 여러 사용자가 시발점을 공유하는 망을 사용하는 경우 SEC는 직관적이고 설득력이 있는 규칙으로 인정되어 널리 사용되고 있다. 실제로 공항문제와 같은 상황에서 관련 당사자들이 자연스럽게 이 규칙을 채택하는 경우가 많다. 하나의 수원(水源)에서 출발하는 관개수로 건설비용 배분은 정확히 공항문제의 상황에 해당하는데,

Aadland and Kolpin(1998)에 따르면 이러한 상황에서 SEC가 표준적인 방법으로 널리 쓰이고 있다.

이러한 이유로 본 연구에서도 전력수요 증가와 신규사업자 진입으로 기존사업자에게 차단기 교체비용이 발생할 경우에 대한 비용배분에 SEC를 적용하기로 한다. 뒤에서 서술하는 바와 같이 우리가 관심을 가지는 상황이 전형적인 공항문제 상황과 정확히 일치하지는 않기 때문에 이를 개념적으로 재구조화하여 SEC를 적용할 것이다.

3) 신규참여자가 있는 경우 순차적 균등기여규칙 적용 가능성 검토

송배전망은 각 구간별로 사용자가 비교적 명확하게 정해져 있으므로 이에 대한 비용 배분 문제를 기본적으로 공항문제로 간주하여 앞에서 본 SEC를 적용할 수 있다. 그런데 본 연구에서 다루는 상황은 공용망 운영사업자가 따로 있고 신규 진입자가 존재하며 주된 분석대상이 공용망이라기보다는 전용설비에 해당한다는 점에서 표준적인 공항문제와 차이가 있다. 따라서 이러한 점을 고려하여 SEC를 적절하게 변형해 적용할 필요가 있다. 뒤에서 보듯이 본 연구에서는 기존사업자와 신규사업자를 물리적 구간이 아닌 진입 순서에 따라 시간적으로 배열하며, 이때 기존사업자들은 동일한 위치에 분포한 하나의 집단으로, 신규사업자는 새로운 진입자로 간주된다. 아래에서는 추후의 분석에 참고하기 위해 새로운 진입자가 발생하는 상황을 개념적으로 몇 가지 경우로 나누어 살펴본다.

먼저 신규사업자가 기존시설을 사용하지 않고 신설구간만 사용하는 경우를 생각해보자. 이 경우에는 비교적 명확하게 SEC를 적용할 수 있다. 즉 기존 사용자는 전과 동일한 비용을 부담하며 신규 사용자는 신설구간에 대해서만 혼자 비용을 부담하면 된다. 다음으로 신규사업자 기존시설도 사용하는 경우를 생각해보자. 이 경우 기존시설의 사용자가 증가하게 되는데 이에 따른 비용증가 여부 및 양태에 따라 비용배분이 달라진다. 만약 신규사업자의 진입에도 불구하고 기존시설에 대한 비용이 불변이거나, 비용이 증가하더라도 사용자 수 증가율보다 낮게 증가한다면 기존사업자의 비용은 오히려 감소한다. 비용이 사용자 수에 정확히 비례하여 증가한다면 기존사업자의 비용부담은 변하지 않을 것이다. 끝으로 비용 증가율이 사업자 수 증가율보다 크다면 기존사업자의 비용부담은 증가할 것이다. 이때 SEC를 적용하면 신규사업자가 유발한 비용의 일부를 기존사업자가 부담하게 된다. 만약 비용유발의 원인과 크기를 명확하게 규명할 수 있다면 신규사

업자에게 SEC에 따른 기존사업자의 비용 증가분을 모두 분담시키는 방안도 고려해볼 수 있다. 그런데 이에 따라 신규사업자가 부담해야 하는 비용이 너무 크다면 진입 자체가 억제될 수도 있고, 기존사업자와의 형평성 논란이 제기될 수 있다는 점도 염두에 두어야 한다.

또한 신규사업자가 단순히 이윤을 얻기 위해 진입하는 측면만 있는 것이 아니라 공용망과 같은 공통시설에 대한 소비자의 수요 증가로 사업자 증가가 사회적으로 필요한 상황이라면 이를 종합적으로 고려해야 한다. 이 경우 신규사업자 진입에 따라 기존구간의 비용이 급격하게 상승하더라도, 만약 이러한 비용 증가의 주된 원인이 공용망과 같은 공통시설의 증설 및 이에 따른 기존사업자의 차단기 교체나 기타 시설 증설이라면, 신규사업자뿐 아니라 기존사업자도 추가적 비용을 적절하게 분담하는 방안을 고려할 필요가 있을 것이다.

3. 비용배분 규칙의 평가에 사용하는 공리

서두에서 서술한 것처럼 비용배분 문제는 단순한 상황에서도 다양한 비용배분 방식이 존재한다. 따라서 여러 규칙 중 어느 하나를 채택하기 위해서는 몇 가지 평가기준을 정해놓고 그에 입각해 판단을 내려야 한다. 이러한 상황에서 협조게임이론이 전형적으로 취하는 접근법은, 바람직한 비용배분 규칙이라면 만족해야 할 주요한 공리(axiom)를 제시하고 특정 규칙이 이런 공리들을 얼마나 만족시키는지 보는 것이다.

본 연구에서도 이러한 접근법을 취할 것이며, 구체적으로 다음의 7가지 공리에 입각해 평가를 진행할 것이다. 이 중 일부는 일반적인 비용배분 상황에 널리 적용될 수 있는 개념이며, 일부는 일반적 상황보다는 우리가 초점을 맞추는 공항문제 상황에 더 적절한 개념이다.⁴⁾ 이 7가지 공리가 모두 동등한 중요성을 띠는 것은 아닐 것이며 상황에 따라 어느 공리가 다른 공리보다 더 중요할 수도 있을 것이다. 본 연구에서는 이후 제시하는 비용배분 규칙에 대해 이 7가지 공리의 충족 여부를 모두 확인할 것인데, 이는 자의적으로 일부 공리만을 선별하여 적용하기보다는 모든 공리 각각의 충족 여부를 확인하는 것이 결과의 풍부함과 활용 가능성 측면에서 바람직하다고 생각되기 때문이다.⁵⁾

4) 이후 소개하는 공리 중 ‘동일 이상 비용으로부터의 독립’과 ‘증분적 무보조’는 공항문제 상황에 적용하는 것이 적절한 개념이다.

5) 이하 등장하는 공리는 ‘동차성’을 제외하고는 널리 쓰이는 합의된 번역이 없는 것으로 파악된다. 본 연구에서는

첫 번째 공리는 ‘동등인에 대한 동등 취급(equal treatment of equals)’이다. 개별비용이 동일한 두 참여자는 동일한 비용을 지불해야 한다는 공리이다. 즉 두 참여자 i, j 에 대해 $c_i = c_j$ 이면 $x_i = x_j$ 가 만족되어야 함을 의미한다. 이 공리는 특별히 그 타당성을 논증할 필요도 없이 지극히 당연한 조건이며 공정성과 직접적으로 관련되는 조건으로 볼 수 있다.

두 번째 공리는 ‘기여분에 대한 순위 유지(order preservation for contributions)’이다. 개별비용이 더 크면 비용을 더 많이 부담해야 한다는 공리이다. 즉 두 참여자 i, j 에 대해 $c_i \geq c_j$ 이면 $x_i \geq x_j$ 일 것을 요구한다. 이 또한 지극히 타당한 조건이며 앞의 공리와 마찬가지로 공정성과 관련이 있다고 볼 수 있다.

세 번째 공리는 ‘동차성(homogeneity)’이다. 동차성은 경제학의 다른 개념, 대표적으로 생산함수에 적용되는 개념과 일맥상통하는 것으로, 모든 참여자의 개별비용이 같은 비율로 변할 경우 각 참여자가 부담하는 비용도 같은 비율로 변해야 한다는 공리이다.⁶⁾ 즉 개별비용이 각각 c_i, c_j 이고 비용 부담이 각각 x_i, x_j 인 두 참여자 i, j 에 대해 개별비용이 각각 tc_i, tc_j 로 변한다면 비용 부담이 각각 tx_i, tx_j 가 되어야 한다는 것이다. 이 공리는 모든 참여자의 개별비용이 같은 비율로 변하는 경우에 적용되는 개념으로 지극히 당연한 조건이라고 할 수 있다.

네 번째 공리는 ‘동일 이상 비용으로부터의 독립(independence of at-least-as-large costs)’이다. 이 공리는 한 참여자가 지불하는 비용이 자신이 이용하지 않는 시설구간에 소요되는 비용과 무관해야 한다는 공리이다. 비용구조가 현재와 다르게 바뀌었는데, 어떤 특정 참여자 i 를 기준으로 그 사람보다 개별비용이 작은 참여자의 개별비용은 모두 불변인 반면 그 사람보다 비용이 큰 참여자의 개별비용은 불변이거나 증가할 경우, i 가 지불하는 비용은 불변이어야 함을 요구한다. 식으로 표현하면 비용구조가 $c = (c_1, c_2, \dots, c_i, \dots, c_n)$ 에서 $c' = (c'_1, c'_2, \dots, c'_i, \dots, c'_n)$ 으로 바뀌었는데, i 를 포함하여 $c_j \leq c_i$ 인 모든 j 에 대해서는 $c_j = c'_j$ 이고 $c_j > c_i$ 인 모든 j 에 대해서는 $c_j \leq c'_j$ 이라면 i 에 대해 $x_i = x'_i$ 이 성립해야 한다는 것이 이 공리의 내용이다. 직관적으로 생각하면 공항문제의 구조상 위와 같은 변화는 i 가 사용하지 않는 구간에 대한 비용이 상승했음을 의미하므로, 이 공리는 그러한 변화에 대해 i 가 부담해야 하는 비용이 변하지 않아야 할 것을 요구하는 것이다.

그 의미와 원어 표현을 최대한 살려 옮긴 용어를 사용한다.

6) 여기서 동차성은 정확히 표현하면 1차동차성을 의미한다.

다섯 번째 공리는 ‘조건부 비용가법성(conditional cost additivity)’이다. 이 공리는 두 비용구조 c 와 c' 에서 각 참여자들의 개별비용의 순위가 같다면, 이 두 비용구조를 합해서 생기는 상황에 대한 비용배분의 결과가, 두 비용구조에서 개별적으로 비용배분을 결정 한 후 이를 합한 것과 동일해야 한다는 조건이다. 두 비용구조 c 와 c' 에서 각 참여자의 개별비용 순위가 동일하다면, 비용구조가 c 에서 $c+c'$ 으로 바뀌어도 개별비용의 순위는 변하지 않게 되는데, 이 공리는 이 경우 $c+c'$ 에 대한 비용배분의 결과가 c 와 c' 각각에 대한 비용배분의 결과의 합과 같아야 함을 뜻한다.

여섯 번째 공리는 ‘비용 약단조성(weak cost monotonicity)’이다. 이 공리는 모든 참여자의 개별비용이 증가하거나 적어도 이전과 같다면 각 참여자가 부담해야 하는 비용 역시 증가하거나 적어도 이전과 같을 것을 요구한다. 즉 두 비용구조 c, c' 에서 모든 i 에 대해 $c_i \leq c'_i$ 이 성립하면 $x_i \leq x'_i$ 이 성립되어야 한다는 것이다.

마지막으로 일곱 번째 공리는 ‘증분적 무보조(incremental no-subsidy)’이다. 이 공리는 비용구조가 변화되 모든 참여자들의 개별비용이 증가하거나 적어도 그대로인 경우, 참여자 i 와 i 보다 개별비용이 작은 참여자들이 추가로 지불해야 하는 비용의 합이 i 의 개별비용 증가분보다 크지 않을 것을 요구한다. 가령 i 의 개별비용이 7에서 10으로 증가하였다면, i 를 포함하여 개별비용이 7 이하였던 참여자들의 비용부담 증가분의 합이 3보다 커서는 안 된다는 것을 의미한다. 직관적으로 생각하면 i 의 개별비용이 c_i 에서 c'_i 으로 증가한 경우, i 를 포함하여 개별비용이 c_i 이하였던 참여자들이 이용하는 구간에서의 총 비용 증가는 $c'_i - c_i$ 가 된다. 이 공리는 이 참여자들이 추가적으로 부담해야 하는 비용이 $c'_i - c_i$ 보다 커서는 안 될 것을 요구한다. 그보다 큰 비용부담은 다른 참여자 집단에 대한 교차보조에 해당하기 때문이다.

본 연구에서 채택한 SEC는 이 공리들을 이용하여 여러 방식으로 특징화(characterization)할 수 있다. 예를 들어 Moulin and Shenker(1992)는 SEC가 동등인에 대한 동등 취급과 동일 이상 비용으로부터의 독립 공리를 만족하는 유일한 규칙임을 보였으며, Dubey(1982)는 SEC가 동등인에 대한 동등 취급과 조건부 비용가법성 공리를 만족하는 유일한 규칙임을 보였다. 또한 Aadland and Koplín(1998)은 SEC가 기여분에 대한 순위 유지, 비용 약단조성, 증분적 무보조 공리를 만족하는 유일한 규칙임을 보였다.

III. 상황 설정

1. 상황

다음과 같은 5인의 참여자를 상정하자. A, B, C는 기존사업자이며 D는 신규사업자이고 O는 망운영자이다. D의 설비용량 확대에 의해 기존사업자 A~C가 전용설비를 교체함에 따라 비용이 발생하는 상황이다. 여기서 편의상 신규사업자로 표현한 D는 실제로 새로운 사업자일 수도 있고 기존에 있던 사업자 중 설비용량을 확대하여 다른 사업자의 전용설비 교체를 야기하는 사업자일 수도 있다.

A~D의 설비용량과 추가용량, 기존 전용설비의 잔존가치, 전용설비 교체비용은 <표 1>과 같다.⁷⁾ 여기서 용량은 설비용량이 될 수도 있고 발전량이 될 수도 있으며 공학적 분석에 따른 고장전류 기여분이 될 수도 있다. 이하의 논의에서는 구체적인 항목을 가정하기보다는 용량이라는 일반적 표현으로 해당 항목을 지칭하기로 한다. 한편 표에서 기존설비 잔존가치는 감가상각과 내구연한을 고려한 기존설비의 가치를 의미한다. 시설을 교체할 경우 이 잔존가치를 포기해야 하므로, 이 가치는 회계적으로는 발생하지 않지만 경제학적으로는 발생하는 암묵적 비용에 해당하여 설비교체의 기회비용에 포함된다. 뒤에서 보듯이 여러 요인을 고려하여 다양한 배분안을 다룰 것인데, 결국 기존사업자의 전용설비 교체비용인 $c_A + c_B + c_C$ 를 A~D와 O가 어떻게 배분할 것인가가 분석의 핵심이 된다.

<표 1> 상황 설정

구분	A	B	C	D
기존용량	a	b	c	d
추가용량	0	0	0	Δd
기존설비 잔존가치	r_A	r_B	r_C	r_D
전용설비 교체비용	c_A	c_B	c_C	c_D

7) D가 신규사업자가 아니라 설비용량을 확대하는 기존사업자인 경우도 포함하기 위해 D의 기존설비 잔존가치를 0이 아닌 r_D 로 놓았다.

이하의 분석에서는 위 상황 설정과 함께 <표 2>에 제시된 수치 예도 같이 고려하여 구체적 수치를 제시함으로써 논의의 구체성을 높이도록 한다.⁸⁾

<표 2> 수치 예

구분	A	B	C	D
기존용량	1,800	1,800	1,950	2,950
추가용량	-	-	-	1,100
기존설비 잔존가치	11,056	10,694	15,112	-
전용설비 교체비용	22,102	21,388	30,224	-

2. 비용배분 시 고려사항

우선 고려해야 할 것은 기존사업자와 신규사업자 및 망운영자 간 배분이다. SEC를 개념적으로 적용하면 A~C는 같은 지점에 있는 참여자들로 간주하여 하나의 집단으로 취급할 수 있으며, D와 O는 비용분담의 성격상 A~C와 다른 별도의 집단으로 간주할 수 있다. 두 집단 간 비용배분은 설비용량이나 발전량 등 우리가 용량이라고 통칭하는 객관적인 기준에 근거하여 정하는 것이 합리적이다. D의 시설용량 증설 후 전체용량이 $a+b+c+d+\Delta d$ 이고 이 중 A~C의 용량이 $a+b+c$ 이므로 두 집단 {A, B, C}와 {D, O} 간 비용배분 비율은 $(a+b+c) : (d+\Delta d)$ 가 되는 것이 타당하다. 따라서 앞으로는 A~C가 전체비용의 $(a+b+c)/(a+b+c+\Delta d)$ 를 부담하고 D와 O가 전체비용의 $(d+\Delta d)/(a+b+c+\Delta d)$ 를 부담하는 경우를 상정한다.

이렇게 기존사업자 A~C의 부담 몫이 정해지면 이를 A~C가 나누어야 한다. A~C 간 부담비율을 정하기 위해 기준으로 삼을 수 있는 것으로 용량과 교체비용이 있다. 첫 번째 방안은 앞서 기존사업자와 기타사업자 간 배분에서와 마찬가지로 개별 기존사업자의 용량에 비례하여 비용을 배분하는 것이다. 이에 따르면 A~C의 용량이 각각 a, b, c 이므로 이들이 $a:b:c$ 의 비율로 비용을 부담한다. 두 번째 방안은 A~C의 교체비용에 비례하여 비용을 배분하는 것이다. 이에 따르면 A~C의 전용설비 교체비용이 각각 c_A, c_B, c_C 이므로 이들이 $c_A:c_B:c_C$ 의 비율로 비용을 부담한다. 본 연구에서는 둘 중 첫 번

8) 본 수치 예에서는 기존설비 잔존가치와 전용설비 교체비용이 기존사업자에게만 발생한다.

제 방안, 즉 용량에 비례하여 비용을 배분하는 방식을 택할 것이다. 논리적으로는 용량 대신 교체비용을 기준으로 비용을 배분하는 것도 얼마든지 타당하다. 그러나 분석 측면에서 보면 두 방식의 차이는 배분비율을 계산 때 가중치로 용량과 교체비용 중 어느 것을 사용하는지에 대해서만 차이를 보이므로 두 방식을 모두 소개하는 것은 중복의 소지가 크다. 또한 공리를 이용한 평가의 관점에서 두 방식 간 차이가 크지 않으므로 본 연구에서는 용량을 기준으로 한 논의를 진행한다. 이 경우 비용배분안 도출을 위해 고려해야 할 사항은 다음과 같은 세 가지 요인이다.

첫 번째는 신규사업자의 비용을 포함할 것인지 여부이다. D의 설비용량 증설에 따라 D 역시 전용설비 교체비용이 발생한다면 이 비용도 비용배분 대상에 포함시킬지 여부를 결정해야 한다. SEC의 취지에 입각하면 D의 교체비용은 D의 용량증설에 따라 발생하는 것이므로 D가 전적으로 부담하는 것이 타당할 것이다. 하지만 상황에 따라서는 D의 교체비용 중 일부를 다른 사업자가 부담하는 것이 적절할 수도 있으므로 분석의 범위와 일반성을 높이기 위해 이 사항을 고려 대상에 포함시키기로 한다.

두 번째는 잔존가치를 포함할 것인지 여부이다. 앞에서 설명한 것처럼 잔존가치는 회계적 비용에 포함되지는 않지만 경제적 비용에는 포함된다. 따라서 비용배분 시 이 잔존가치를 고려해야 하는지의 여부도 중요한 고려대상이라고 할 수 있다. 만약 비용배분 시 잔존가치를 포함한다면 고려되어야 하는 총비용은 $c_A + c_B + c_C + r_A + r_B + r_D$ 가 되며, 이 비용에 대해 A~C의 비용부담분이 각각 x_A, x_B, x_C 라면 각자가 실제로 부담하는 회계적 비용은 각각 $x_A - r_A, x_B - r_B, x_C - r_C$ 가 된다. 이 경우 잔존가치의 일정 부분은 비용배분 기준에 따라 D와 O가 부담하게 된다.

끝으로 세 번째는 망운영자를 비용배분에 포함할 것인지 여부이다. D의 시설용량 증설이 근본적으로 시장수요 증가에 따른 것이고 망운영자가 시스템의 원활한 유지와 관리에 책임이 있다고 보면 망운영자도 비용의 일부를 부담하는 것이 타당할 수 있다. 교체비용을 최종소비자에게 완전히 전가할 수 있다면 망운영자나 신규사업자를 비용부담에 포함시킬지 여부는 중요하지 않다. 그러나 현실적으로 교체비용의 완전한 전가가 망운영자의 경우 요금규제, 신규사업자의 경우 전력거래규칙에 따라 제한될 수 있으며, 그러므로 망운영자를 비용배분에 포함시킬지에 대해서는 별도의 정책적 판단이 필요하다. 망운영자를 포함시킬 경우, 전체 비용 중 용량 증가분에 해당하는 부분을 망운영자에게

부담하게 하는 것이 합리적일 것이다. 이에 따르면 전체용량 $a+b+c+d+\Delta d$ 중 새로운 증가분이 Δd 이므로 A~C, D, O가 각각 $(a+b+c):d:\Delta d$ 의 비율로 비용을 부담하게 된다.

이상의 논의를 종합하면, 배분안 도출 시 고려해야 하는 사항은 (i) 신규사업자 비용 포함 여부, (ii) 잔존가치 포함 여부, (iii) 망운영자 포함 여부의 세 가지가 된다. 각 항목마다 두 가지 경우가 있으므로 가능한 총 경우의 수는 <표 3>에 제시된 것과 같이 8이다.

<표 3> 각 배분안의 특성

구분	신규사업자 비용 포함 여부	잔존가치 포함 여부	망운영자 포함 여부
1안	×	×	×
2안	×	○	×
3안	×	×	○
4안	×	○	○
5안	○	×	×
6안	○	○	×
7안	○	×	○
8안	○	○	○

IV. 배분안 도출과 평가

이 장에서는 앞에서 제시된 8가지 안에 대해 각 참여자의 비용배분 비율과 부담비용을 구하고 각 안을 공리에 입각하여 평가한다.

1. 배분안 도출

1) 1안: D 비용 제외, 잔존가치 제외, 망운영자 제외

조달해야 하는 비용 중 D의 비용을 고려하지 않고, 잔존가치를 포함한 경제적 비용 대신 회계적 비용만 고려하면 조달해야 하는 총비용은 $c_A + c_B + c_C$ 이다.⁹⁾ 망운영자에게 부담을 지우지 않으면 각 사업자의 비용배분 비율, 부담비용, 그리고 이를 <표 2>의 수치

예에 적용한 값은 <표 4>와 같다.

<표 4> 배분안 1

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	13,807
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	13,807
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	14,958
D	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	31,142
O	0	0	0

2) 2안: D 비용 제외, 잔존가치 포함, 망운영자 제외

잔존가치를 고려하므로 경제적 총비용은 $c_A + c_B + c_C + r_A + r_B + r_C$ 이다. 망운영자에게 부담을 지우지 않으면 각 항목은 <표 5>와 같다. A~C의 경우 회계적 비용은 경제적 비용에서 암묵적 비용을 제외한 값임에 주의할 필요가 있다.

<표 5> 배분안 2

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_A$	9,659
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_B$	10,016
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_C$	7,324
D	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i)$	46,714
O	0	0	0

9) 물론 조달해야 하는 실제 총비용은 이 값에 c_D 를 더한 값이다. 따라서 D가 최종적으로 부담하는 비용은 표에 제시된 값에 c_D 를 더한 값이다. 표는 c_D 를 제외한 비용 합에 대해서만 계산한 것이다. 이하 D 비용을 제외한 2~4안에서도 마찬가지이다.

3) 3안: D 비용 제외, 잔존가치 제외, 망운영자 포함

총비용 $c_A + c_B + c_C$ 의 배분에 망운영자도 포함되는 경우이다. 망운영자가 Δd 의 비율을 책임지는 경우 각 항목은 <표 6>과 같이 도출된다.

<표 6> 배분안 3

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	13,807
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	13,807
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	14,958
D	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	22,628
O	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} c_i$	8,514

4) 4안: D 비용 제외, 잔존가치 포함, 망운영자 포함

경제적 총비용 $c_A + c_B + c_C + c_D + r_A + r_B + r_C$ 의 배분에 망운영자가 포함되는 경우이다. 이 경우 각 항목은 <표 7>과 같이 도출된다.

<표 7> 배분안 4

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_A$	9,659
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_B$	10,016
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i) - r_C$	7,324
D	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i)$	33,942
O	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C} (c_i + r_i)$	12,771

5) 5안: D 비용 포함, 잔존가치 제외, 망운영자 제외

이제 D의 비용이 포함되므로 조달해야 하는 총비용은 $c_A + c_B + c_C + c_D$ 이다. 망운영자에게 부담을 지우지 않으면 각 항목은 <표 8>과 같다.¹⁰⁾

<표 8> 배분안 5

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	13,807
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	13,807
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	14,958
D	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	31,142
O	0	0	0

6) 6안: D 비용 포함, 잔존가치 포함, 망운영자 제외

경제적 총비용 $c_A + c_B + c_C + c_D + r_A + r_B + r_C + r_D$ 를 A~D가 분담하는 상황이다. 각 항목을 계산하면 <표 9>와 같다.

<표 9> 배분안 6

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_A$	9,659
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_B$	10,016
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_C$	7,324
D	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d+\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_D$	46,714
O	0	0	0

10) 수치 예에 적용한 값이 1안과 같은 이유는 <표 2>의 수치 예에서 $c_D = 0$ 이기 때문이다.

7) 7안: D 비용 포함, 잔존가치 제외, 망운영자 포함

총비용 $c_A + c_B + c_C + c_D$ 를 A~O가 분담하는 상황이다. 각 항목을 계산하면 <표 10>과 같다.

<표 10> 배분안 7

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	13,807
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	13,807
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	14,958
D	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	22,628
O	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} c_i$	8,514

8) 8안: D 비용 포함, 잔존가치 포함, 망운영자 포함

끝으로 경제적 총비용 $c_A + c_B + c_C + c_D + r_A + r_B + r_C + r_D$ 를 A~O가 분담하는 상황이다. 각 항목을 계산하면 <표 11>과 같다.

<표 11> 배분안 8

구분	비용배분 비율	부담비용	수치 예
A	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{a}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_A$	13,807
B	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{b}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_B$	13,807
C	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{c}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_C$	14,958
D	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i) - r_D$	22,628
O	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d}$	$\frac{\Delta d}{a+b+c+d+\Delta d} \sum_{i=A,B,C,D} (c_i + r_i)$	8,514

2. 비용배분안의 평가

여기서는 지금까지 도출한 8가지 비용배분안이 II 장에서 소개된 각각의 공리를 만족하는지 확인하고 그로부터 각 안에 대한 종합적인 평가를 도출한다. 그런데 본 연구의 비용배분 상황은 표준적인 공항문제의 상황과는 차이가 있으므로 이러한 차이를 적절히 감안할 필요가 있다. 공항문제에서는 비용배분 시 고려되는 파라미터가 개별비용밖에 없다. 그러나 본 연구의 상황에서는 개별 사업자의 교체비용 이외에도 설비용량, 잔존가치 등의 항목이 존재하며, 사업자와는 성격이 다른 망운영자도 존재한다. 또한 사업자도 기존사업자와 신규사업자를 차별화하여 취급하는 것이 타당할 수 있다. 아래에서 각 공리의 충족 여부를 따질 때 이러한 사항을 염두에 두고 논의를 진행한다.

첫째, 동등인에 대한 동등 취급 공리 충족 여부를 살펴보자. 시설용량과 잔존가치가 동일한 두 기존사업자는 1~8안 모두에서 자명하게 동일한 비용을 부담한다. 따라서 이 공리는 모든 안에 대해 충족된다.¹¹⁾

둘째, 기여분에 대한 순위 유지 공리 충족 여부를 살펴보자. 기존사업자 A, B에 대해 $a > b$ 이면 잔존가치를 제외할 경우(1, 3, 5, 7안) 당연히 A의 부담비용이 B보다 크다. 그러나 잔존가치를 포함하면(2, 4, 6, 8안) 상황에 따라 비용이 역전될 수 있다. 가령 $a > b$ 이지만 r_A 가 r_B 보다 충분히 크다면 A가 B보다 적은 비용을 부담할 수도 있다.

셋째, 동차성 충족 여부를 살펴보자. 모든 참여자의 교체비용, 시설용량, 잔존가치가 같은 비율로 변하면 1~8안 모두에서 각 참여자의 부담비용은 같은 비율로 변한다. 따라서 동차성이 만족된다. 하지만 잔존가치는 그대로이고 교체비용과 시설용량만 같은 비율로 증가한다면 2, 4, 6, 8안에서는 동차성이 유지되지 않음을 쉽게 확인할 수 있다.

넷째, 동일 이상 비용으로부터의 독립 공리 충족 여부를 살펴보자. 이 공리는 A~C의 비용은 불변이고 D의 비용만 증가하는 상황에 대해 적용할 수 있다. 1~4안은 기본적으로 D의 비용을 고려하지 않으므로 D의 비용이 증가해도 A~C의 비용은 증가하지 않아 이 공리가 자명하게 충족된다. 하지만 5~8안은 D의 비용을 포함하므로 D의 비용 증가 시 A~C의 비용부담분이 증가하므로 본 공리가 충족되지 않음을 알 수 있다.

11) 시설용량은 같지만 잔존가치는 다른 경우에는 비용배분 시 잔존가치를 고려하면 부담하는 비용이 달라진다. 또한 기존사업자와 신규사업자가 다르게 취급되는 경우, 신규사업자의 시설용량과 잔존가치가 기존사업자와 같더라도 신규사업자의 부담비용은 일반적으로 기존사업자와는 달라진다.

다섯째, 조건부 비용가법성 공리 충족 여부를 살펴보자. 서로 다른 두 비용구조에서 시설용량이 같거나 그 비율이 같을 경우, 비용분담률이 변하지 않기 때문에 두 비용구조에 대해 따로 비용배분을 하여 합하든 두 비용구조를 합쳐서 한꺼번에 비용배분을 하든 부담비용은 변하지 않는다. 그러나 시설용량 비율이 달라질 경우 이 공리는 일반적으로 성립하지 않음을 쉽게 확인할 수 있다. 일반적으로 서로 다른 비용구조에서 시설용량 비율이 동일하기는 어려울 것이므로 본 공리는 충족되기 어렵다. 그런데 이 공리는 가상적인 상황을 상정한 것으로, 본 연구의 맥락에서는 큰 의미를 가진다고 보기 어렵다. 본 연구의 상황에서 두 개의 다른 비용구조는 지리적으로 다른 두 지역에서 발생하는 상황으로 볼 수 있으므로 두 비용구조를 합하여 생각하는 것이 큰 의미를 갖지 못하기 때문이다. 따라서 이 공리의 충족 여부에 대해서는 본 연구의 맥락에서 큰 의미를 부여하기 어렵다.

여섯째, 비용 약단조성 공리 충족 여부를 살펴보자. 비용부담률이 시설용량에 비례하므로 시설용량이 변하지 않는 한 교체비용 증가 시 모든 참여자의 부담비용은 당연히 증가한다. 따라서 1~8안 모두 비용약단조성을 만족한다.

마지막으로 증분적 무보조 공리 충족 여부를 살펴보자. A~C는 개념적으로 모두 같은 지점에 위치한 것으로 볼 수 있으므로 이 공리는 D의 비용이 증가한 경우에 적용할 수 있다. 1~4안은 D의 비용을 고려하지 않으므로 이 공리를 자명하게 충족한다. 또한 D 비용 증가 시 A~C와 D가 그 증가분을 공동으로 부담하므로 A~C의 추가부담의 합이 D 비용의 증가분보다 클 수 없고 따라서 5~8안도 이 공리를 충족시킴을 알 수 있다.

이상의 분석결과를 정리하면 <표 12>와 같다. 단순히 충족되는 공리의 개수를 기준으로 할 경우, 1안과 3안이 7개의 공리 중 6개를 만족하여 가장 좋은 평가를 받음을 알 수 있다. 두 안 모두 조건부 비용 가법성을 제외한 다른 모든 공리를 충족한다.

하지만 이는 단순히 각 안이 충족하는 공리의 수를 기준으로 한 것으로, 이를 근거로 결론을 내리는 데는 신중할 필요가 있다. 본 연구에서 각 안을 도출할 때 사용할 기준은 신규사업자의 비용 포함 여부, 기존사업자의 잔존가치 고려 여부, 비용분담 시 망운영자 포함 여부였으므로, 현실적인 배분안 도출을 위해서는 각 기준의 현실성이나 수용도에 대해 생각해볼 필요가 있다. 우선 신규사업자인 D의 비용을 A~C가 부담하도록 하는 방안은 신중하게 접근할 필요가 있다. SEC의 기본 아이디어는 사용자 집단에 따라 망을

〈표 12〉 배분안 평가 요약

구분	동등인에 대한 동등 취급	기여분에 대한 순위 유지	동 차 성	동일 이상 비용으로부 터의 독립	조건부 비용 가법성	비용 약단조성	증분적 무보조
1안	○	○	○	○	×	○	○
2안	△	×	△	○	×	○	○
3안	○	○	○	○	×	○	○
4안	△	×	△	○	×	○	○
5안	○	○	○	×	×	○	○
6안	△	×	△	×	×	○	○
7안	○	○	○	×	×	○	○
8안	△	×	△	×	×	○	○

여러 구간으로 나눈 후 각 구간의 비용을 해당 구간의 사용자가 균등하게 나누어 내는 것이다. 따라서 망이 확장되고 새로운 구간을 신규참여자만 사용할 경우 이에 대한 부담은 신규참여자가 전적으로 부담하게 된다. 개념적으로 생각했을 때 본 연구의 신규사업자는 연장된 망의 새로운 구간을 유일하게 사용하는 참여자로 볼 수 있다. 이에 따르면 자신의 전용설비에 소요되는 비용은 전적으로 본인이 부담하는 것이 타당한 측면이 있으며, 이런 점에 비추어보면 기존사업자가 신규사업자의 비용 일부를 부담하는 5~7안은 기존사업자의 반발로 현실화되기 어려울 가능성이 높다. 다음으로, 기존사업자의 잔존 가치를 고려하지 않는 방안은 기존사업자의 반발을 낳아 현실화되기 어려울 것임을 지적할 수 있다. 잔존가치는 차단기 교체 시 기존사업자에게 암묵적 비용에 해당하며 이를 고려하는 것은 기존사업자가 설비교체로 인해 포기해야 하는 가치를 보전해주는 성격을 띤다. 따라서 이러한 요인을 비용 분담에서 제외하는 1, 3, 5, 7안은 수용도가 떨어질 가능성이 높다. 특히 잔존가치를 고려하지 않으면서 신규사업자의 비용은 고려하는 5, 7안은 논리적으로나 현실적으로 타당성이 떨어진다고 할 수 있다. 끝으로 망운영자가 비용을 전혀 부담하지 않는 방안은 현실적이지 않음을 지적할 수 있다. 망운영자가 전력망의 원활한 운영에 대한 책임을 지고 있고 신규사업자의 진입 및 이에 따른 차단기 교체가 결국 전력 수요 증가에 기인하므로, 망사업자가 비용 분담에서 빠지는 것은 논리적으로도 타당성이 떨어지며 기존사업자나 신규사업자의 반발을 낳을 가능성이 높다. 이런 점

을 종합적으로 고려하면 현실적으로는 신규사업자의 비용을 제외하고 잔존가치를 포함하며 망운영자가 비용 분담에 참여하는 4안이 가장 현실적이라고 할 수 있다.¹²⁾ 이러한 점에 비추어보면 본 논문은 현실성이 높은 4안의 특성을 이론적 관점에서 공리적 접근으로 분석했다고 볼 수도 있을 것이다.

V. 결론

본 연구는 신규발전기 진입에 따른 기존사업자의 접속설비 교체비용 배분안을 협조 게임이론의 비용배분 문제를 이용하여 이론적으로 분석하였다. 분석대상 상황을 공항 문제의 변형된 형태로 상정하고 순차적 균등기여법칙을 적용하여 여러 안을 도출한 후, 각 안들을 주요 공리에 입각하여 평가하였다. 본 논문에서 제시된 비용배분은 기본적으로 기존사업자 간 시설용량을 기준으로 하여 도출되었지만, 본문에서 서술한 것처럼 시설용량 대신 교체비용을 기준으로 하는 방안도 고려할 수 있으며, 공학적 분석을 통해 사업자 간 고장용량을 객관적으로 산정할 수 있다면 그에 비례하여 비용을 배분하는 것도 가능할 것이다.

서론에서 밝힌 것처럼 본 연구는 현실의 복잡다단한 요인을 모두 고려하기보다는 일반화와 추상화를 위해 상황을 최대한 단순화하여 분석을 전개하였다. 이에 따라 연구결과를 구체적인 상황에 적용하는 데는 한계가 따를 수밖에 없다. 이 점이 한계로 작용할 수도 있지만, 구체적인 사례를 분석할 때 그 상황에서 중요한 의미를 가지는 요인을 모형에 도입함으로써 활용가능성과 적용 폭을 높일 수 있다는 점은 장점으로 작용할 것이다. 한편 본 논문은 비용배분 규칙으로 SEC를 채택하여 분석을 진행하였는데, 이 규칙 이외의 다른 여러 규칙에 대해서 접속시설 교체비용 분담 상황에 대한 적용 가능성을 검토하는 것도 의미 있는 작업이 될 것으로 생각된다.

본 연구의 분석대상인 차단기 교체비용 말고도 사업소요비용을 당사자 간에 배분하는 상황은 흔히 발생할 수 있다. 비용배분 상황은 그 특성상 외부적 시장기제가 작용하기 어렵고 전략적 상황에 대한 분석에 흔히 사용되는 비협조게임이론의 적용 역시 적절하

12) 이 점을 지적해준 심사자에게 감사드린다.

지 않다. 이때 기술적이고 공학적인 분석도 중요하지만 결국 당사자가 모두 수용할 수 있는 비용배분규칙을 찾는 것이 핵심이며, 이 경우 협조게임이론적 접근은 좋은 분석도구가 될 수 있다. 향후 이러한 접근법을 택하는 후속연구가 보다 활발하게 진행될 필요가 있다.

[References]

- 김영세, “전력산업 계통운용보조서비스의 효율적 비용분담”, 「산업조직연구」, 제11권 제3호, 2003, pp. 37~60.
- 박명덕, 『합리적 송전망 비용회수 방안 연구』, 수시연구보고서 15-03, 에너지경제연구원, 2015.
- 안재균, 『효과적인 분산형 전원 보급 및 활용을 위한 송배전요금제 도입방안 연구』, 에너지경제연구원, 2021.
- Aadland, D. and V. Kolpin, “Shared irrigation costs: an empirical and axiomatic analysis,” *Mathematical Social Science*, Vol. 35, 1998, pp. 203~218.
- Dubey, P., “The Shapley value as aircraft landing fees-revisited,” *Management Science*, Vol. 28, 1982, pp. 869~874.
- Moulin, H. and S. Shenker, “Serial cost sharing,” *Econometrica*, Vol. 60, 1992, pp. 1009~1037.
- Thompson, W. *Cost allocation and airport problems*, Rochester Center for Economic Research Working Paper No. 538, 2007.
- Young, H. P.. “Cost Allocation,” *Handbook of Game Theory*, Vol.2, Chapter 34, 1994, pp. 1193~1235.