

# 게임이론을 이용한 물 분쟁 해결의 조정안 도출

## Derivation of Mediation Proposals for Resolving Water Conflicts Using Game Theory

김길호\* / 이명우\*\* / 이충성\*\*\* / 심명필\*\*\*\*

Kim, Kil Ho / Lee, Myoung Woo / Yi, Choong Sung / Shim, Myung Pil

### 요 지

우리나라에서 물과 관련된 분쟁은 민주화와 지방분권화가 가속화됨에 따라 갈등의 주체뿐만 아니라 전개양상까지도 다양하게 변화되고 있다. 최근에는 이 같은 갈등구조가 심화되고, 다양한 형태로 표출됨에 따라 사회불안요인으로까지 확대되고 있어 합리적이고 효율적인 분쟁해결을 지원하기 위한 방법론이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 대안적 분쟁해결(ADR, Alternative Dispute Resolution)의 기법 중 하나인 조정(mediation)과정에서의 조정안 도출을 위해 게임이론을 적용하였다. 게임이론에 의한 합리적 해는 제시된 조정안에 객관성을 부여함으로써 의사결정과정의 신뢰성을 향상시킬 것으로 기대된다. 본 연구를 통해 제시한 방법론을 지역 간 물 배분과 관련한 가상의 분쟁상황에 적용하였으며, 동적완비정보게임(dynamic complete information game)에서의 교섭게임(bargaining game)으로 구성한 뒤, 경기자(players) 간 배분비율과 배분량을 도출하였고, 이를 편익함수에 의한 양 경기자의 부족편익과 초과편익을 비교하여 그만큼의 편익 차를 보상해주는 조정을 모색하였다. 본 연구는 제3자(third party)에 의한 조정안 제안 시 객관적이고 합리적인 해를 제공하여 이해당사자들이 합의를 이끌어 내는 데 크게 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

**핵심용어 :** 게임이론, 물 분쟁, 대안적 분쟁해결, 조정, 교섭게임

### 1. 서 론

일반적으로 물 관련 문제들은 구조적이지 못하고, 가용자료가 부족하며, 정량적으로 측정하기 어려운 변수들이 연관되어 있다. 이로 인해 물 분쟁은 그 발생원인과 전개양상이 다양할 뿐만 아니라 관련된 이해당사자들이 다양하여 일괄적인 해결방법을 찾기가 매우 어렵다. 따라서 분쟁당사자들은 물론이고 사회 전체가 수용할 수 있는 합리적인 분쟁 해결 기준이나 방법이 매우 중요하다. 이러한 분쟁을 해결하기 위한 현대적인 제도 및 기법을 의미하는 대안적 분쟁해결(ADR, Alternative Dispute Resolution)에는 가장 일반적으로 협상(negotiation), 조정(mediation), 그리고 중재(arbitration)가 있다. 미국에서는 분쟁해결의 주요방법으로써 ADR을 채택하여 1990년에 이를 법규화 하였고, 일본 또한 2005년에 일반적 갈등해결방안으로 ADR 기본안을 채택하고 있다.

본 연구는 ADR의 여러 방안 중 하나인 '조정'을 통해 물 분쟁 해결을 모색하였으며, 이를 통한 합리적인 조정안 제시를 위해 게임이론(game theory)을 적용하였다. 게임이론이란 상충적이고 경쟁적인 조건에서의 상황을 모형화하여 경기자(players)의 행동을 분석하고 설명하는 전략적 의사결정이론으로서, 국내연구로는 게임이론과 수리경제학과의 관계를 분석한 김영세(2005), 새만금 간척사업에 대한 게임이론적 분석을 한 임동완(2003), 그밖에 정치학 또는 행정학, 정책학, 정치학, 스포츠학 등에서도 게임이론을 적용한 연구한 사례가 많다.

본 연구에서는 지역 간 물 배분에 따른 분쟁 상황을 가정한 뒤, 절차적인 해결방안인 조정을 적용하여 합리적인 조정안 제시를 위해 교섭게임(bargaining game)으로 모형화하였다.

\*\*\* 정회원.인하대학교 환경토목공학부 석사과정-E-mail : pravda5419@paran.com  
\*\* 정회원.동부엔지니어링 수자원환경부-E-mail : moo97@dongbueng.co.kr  
\*\*\* 정회원.인하대학교 환경토목공학부 박사과정-E-mail : sung@inha.ac.kr  
\*\*\*\* 정회원.인하대학교 환경토목공학부 교수-E-mail : shim@inha.ac.kr

## 2. 물 분쟁해결의 절차적 모형

물 배분을 둘러싼 두 지역 간 가상의 물 분쟁상황에서의 절차적 해결방안으로서 대안적 분쟁해결(ADR)방안 중 하나인 조정과정을 제안하였다. 조정은 분쟁해결의 가장 큰 목표를 상호 합의를 통한 해결에 두고 있고, 구체적인 조정안 도출을 위해 도입한 게임이론의 적용시 분쟁구조의 설계 및 모형화에 용이하다.

### 2.1 대안적 분쟁해결(ADR)

ADR이란 당사자들의 자율적 의지를 기초로, 갈등 상황에 가장 이상적인 문제해결 방법을 선택, 실천하는 협동적인 문제해결 관리라 할 수 있다. 주요 ADR 기법에는 조정, 중재, 합의 등이 있으며, 표 1과 같이 일반적으로 법적 해결이 아닌 비공식적인 성격을 가지고 있다. ADR의 여러 기법 중 하나인 조정은 제3자가(third party) 포함된다는 측면에서 협상에 비해 자율성이 떨어지지만 제3자를 통한 원활한 의사소통뿐 아니라 처리속도가 빠르고 해결비용이 저렴하다는 장점이 있다.

표 1. 주요 기법 간 특징

	자발성	구속력	제3자 개입	절차의 성질	공공성	결론
중재	자발적	제한범위에서 심판	결론결정권이 있는 제3자 개입	각 당사자에 대한 주장·증명의 기회	사적	법적근거 또는 이유불입 없는 화해
조정	자발적	합의가 있으면 집행력	결론결정권이 없는 제3자 개입	무제한의 주장·증명, 이해관계 제출	사적	서로 수용 가능한 합의
협상	자발적	합의가 있으면 집행력	없음	무제한의 주장·증명, 이해관계 제출	사적	서로 수용 가능한 합의

참조: 공공갈등과 협상(박홍엽 등, 2005)

### 2.2 조정

조정이란 자청 또는 양측 당사자의 요구로 이루어진 제3자의 개입에 의하여 분쟁조정 및 해결에 이르도록 하는 과정으로서 협상과정에 도움을 줄 수는 있으나 해결책을 강제할 권한은 없는 ADR의 주요 기법 중 하나이다. 다만, 당사자들이 받아들일 수 있는 조정안을 제시하거나 자발적으로 해결책을 찾을 수 있도록 도와주는 역할을 하는 것이다.

특히, 조정은 당사자 간 감정대립이 심하고 의견의 차가 커서 원만한 대화를 할 수 없는 상황에 유용하게 사용되어 질 수 있다. 이렇게 조정을 통해 합의된 사항은 그 자체로 법적 구속력을 가지지는 않지만 당사자들의 동의를 통해 법적 구속력을 가질 수 있는 방법을 이용할 수도 있다.

### 2.3 조정 프로세스

본 연구에서는 그림 1과 같이 물 분쟁해결을 위한 조정 프로세스를 제시하였다. 조정의 이전 단계에서는 물 분쟁의 요소 및 갈등현안을 파악하여 갈등 해결 준비를 한다. 그리하여 제3자와 당사자 간 대화를 통해 합의도출에 이를 때까지 협상 및 조율, 그리고 합의된 프로세스 진행을 하게 된다. 여기서, 제3자는 합의도출을 위한 협상 및 조율과정에서 합리적인 조정안을 제시하면서 조정전체 과정을 보조해 주는 역할을 한다.



그림 1. 조정 프로세스

### 3. 게임이론

게임이론이란 게임에 임하는 경기자들의 상호 전략적 행태를 분석하고 설명하는 이론이다(한동근, 1997). 본 연구에서는 가상의 물배분 관련 물 분쟁의 해결을 위한 조정과정에서 합리적이고 객관적 조정안 도출을 위해 동적 완비정보게임에서의 교섭게임을 이용하여 경기자간 물배분 비율을 산정 하였다.

#### 3.1 게임의 구성 및 설계

게임이론에서의 구성요소에는 경기자(players: 2-경기자 게임, n-경기자 게임), 의사결정 순서(동시게임, 순차게임), 정보의 묘사(완전정보, 불완전정보, 완비정보, 불완비정보), 전략, 보수 등이 있다. 본 연구에서 고려한 물 분쟁상황의 게임구성요소는 표 2와 같다.

본 연구에서의 물 분쟁주체는 두 개의 지역만을 고려한 2-경기자 게임으로 가정한다. 그리고 한정된 자원을 분배함에 있어 차례로 자신의 몫을 제안하는 무한수명협상게임(infinite horizon bargaining game)으로 구성하였다. 여기서 교섭게임이란 상대경기자가 어떤 대안을 선택했는지를 알고 자신의 대안을 선택하는 동적게임(dynamic game)이자 상대경기자의 유형을 알고 있는 완비정보게임(complete information game)에 속한다. 또한, 신빙성 없는 위협에 근거한 균형전략을 제거하기 위해 부분게임완전내쉬균형개념(subgame perfect Nash equilibrium)을 도입하였다.

표 2. 게임구성의 설계

구성요소	게임모형의 설계
경기자	2-경기자 게임 (상류, 하류지역)
의사결정 순서	동적게임(순차게임)
게임의 분류	교섭게임 (완비정보게임)
전략의 균형	부분게임완전내쉬균형
교섭형태	무한수명협상게임

#### 3.2 교섭게임

교섭게임이란 제의를 번갈아 가면서 하되, 상대에게 받아들여지지 않으면 게임이 계속되는 게임으로서, 여기서 할인인자( $\delta$ )가 중요하게 작용한다.

본 연구에서는 무한수명협상게임의 부분게임완전내쉬균형을 취하는 두 경기자가 다음과 같은 전략을 사용한다고 가정하였다(김영세, 1998). 괄호는 선택된 조합으로서 전체 물의 양인 1에 대한 비율을 의미한다.

- ① 경기자1의 전략: 자신이 제의할 차례가 되면 항상  $(x, 1-x)$ 로 나눌 것을 경기자 2에게 제안
- ② 경기자2의 전략: 자신이 제의할 차례가 되면 항상  $(y, 1-y)$ 로 나눌 것을 경기자 1에게 제안

각 경기자의 할인인자는  $\delta_1, \delta_2$ 와 같을 때, 먼저 경기자 1이 제안하고 경기자 2가 응답하는 홀수기에 두 경기자의 최적 전략을 구하면 식(1)이 성립함을 알 수 있다. 반대로 경기자2가 제안권을 가진 짝수 기에는 식(2)가 성립함을 알 수 있다. 식(1)과 (2)를 동시에 만족하는 값을 종합하면 표 3과 같다.

$$(1-x) = \delta_2(1-y) \tag{1}$$

$$y = \delta_1 x \tag{2}$$

표 3. 무한수명협상게임에서의 부분게임완전균형(Rubinstein, 1982)

경기자 <i>i</i> 의 전략	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자신이 제안할 차례가 되면 항상 <math>\frac{1-\delta_j}{1-\delta_1\delta_2}</math>를 갖겠다고 제안</li> <li>- 경기자 <i>j</i>의 제안에 대해서는 <math>\frac{\delta_i(1-\delta_j)}{1-\delta_1\delta_2}</math> 이상을 제의할 경우에만 수락</li> </ul>
균형경로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 첫 기에 경기자1은 <math>\frac{1-\delta_2}{1-\delta_1\delta_2}</math>를 자기의 몫으로, 나머지 <math>\frac{\delta_2(1-\delta_1)}{1-\delta_1\delta_2}</math>을 상대방의 몫으로 제안, 경기자2는 이 제안을 즉시 수락</li> </ul>

#### 4. 적용 및 결과

분쟁주체, 또는 조정과정에서 개입하는 제3자는 객관적이고 합리적인 조정안 도출을 위해 무한수명협상게임 을 통해 최적 물 배분비율을 구할 수 있었다. 얻어진 비율을 이용하여 구한 최적 공급량과 실제 공급량을 비교 하여 산정한 값을 편익함수에 적용하여 부족편익 만큼을 잉여편익지역에서 금전적으로 보상해주거나, 아니면 부족한 물의 양을 공급해주었다.

본 연구에서의 가상 시나리오는 다음과 같다.

- ① 물 부족을 겪고 있는 2지역에서는 지역 발전에 필요한 추가 수량공급을 위해 위원회에 조정신청을 한 상태 이다.
- ② 무한수명협상게임에서의 후행자의 불이익은 조정을 제기한 2지역이 맡기로 한다.
- ③ 현재 1, 2지역에 분배되고 있는 물의 양은  $W_1, W_2$ 이고, 각각의 할인인자는  $\delta_1, \delta_2$ 이다.
- ④ 투입된 물의 양( $W$ )에 따른 두 지역의 편익함수는 식(3), (4)와 같다.

$$1\text{지역: } B_1 = F_1(W_1) \quad (3)$$

$$2\text{지역: } B_2 = F_2(W_2) \quad (4)$$

여기서,  $B_1$ : 1지역의 편익,  $B_2$ : 2지역의 편익

무한수명협상게임을 통한 두 지역 간 최적의 물 배분 비율은 다음과 같다.

$$1\text{지역의 물의 비율} = \frac{1-\delta_2}{1-\delta_1\delta_2}, \quad 2\text{지역의 물의 비율} = \frac{\delta_2(1-\delta_1)}{1-\delta_1\delta_2}$$

다음, 두 지역 간 최적의 물 배분량은 식(5), (6)과 같다.

$$W_1^* = W \times \left\{ \frac{1-\delta_2}{1-\delta_1\delta_2} \right\} \quad (5)$$

$$W_2^* = W \times \left\{ \frac{\delta_2(1-\delta_1)}{1-\delta_1\delta_2} \right\} \quad (6)$$

결국, 2지역의 부족량( $W_{D2}$ ), 1지역의 잉여량( $W_{S1}$ )과 식(3), (4)를 이용하여 구한 2지역의 부족편익( $B_{D2}$ ), 1지역의 잉여편익( $B_{S1}$ )은 식(7), (8)과 같다.

$$W_{D2} = W_2^* - W_2, \quad B_{D2} = F_2(W_{D2}) \quad (7)$$

$$W_{S1} = W_1 - W_1^*, \quad B_{S1} = F_1(W_{S1}) \quad (8)$$

2지역에 대한 1지역의 보상 문제는 부족편익만큼의 금전적인 보상을 해야 하는지, 아니면 실제 수량의 공급 이라는 측면에서 2지역에 보상할 것인가로 나눌 수 있다. 이 문제는 두 지역 간 부족편익과 잉여편익을 비교함 으으로써 판단이 가능하다.

- i) 2지역의 부족편익이 1지역의 잉여편익보다 작은 경우

$$B_{D2} \leq B_{S1} : \text{이 경우, 1지역에서는 } B_{S2} \text{ 만큼의 금전적인 보상이 이루어짐.}$$

- ii) 2지역의 부족편익이 1지역의 잉여편익보다 큰 경우

$$B_{D2} \geq B_{S1} : \text{이 경우, 1지역에서는 } W_{S2} \text{ 만큼의 물을 공급하게 됨.}$$

## 5. 결 론

본 연구는 원만한 물 분쟁 해결을 위한 조정과정에서 분쟁주체가 수용가능한 객관적이고 합리적인 조정안 도출을 위해 게임이론을 이용하였다. 시나리오를 가상하여 두 지역 간 물 배분을 둘러싼 분쟁 상황에 적용한 결과, 물 부족 지역인 2지역의 부족량은  $W_{D2}$  이고, 부족량에 대한 부족편익은  $B_{D2}$ 으로 나타났다. 이에 대해 조정 위원회에서는 2지역의 부족편익( $B_{D2}$ )과 1지역의 잉여편익( $B_{S1}$ )을 비교함으로써 각 경기자에게 부족한 만큼의 물을 공급, 또는 부족편익에 대한 보상을 결정할 수 있을 것이다.

본 연구는 물 분쟁 해결을 위해 국내 수자원분야에서 다소 생소한 게임이론을 도입하여 조정안 제시에 사용하였다는 점에 의의가 있으며, 게임이론은 분쟁상대의 행동에 대한 자신의 행동변화를 고려하는 전략적 의사결정기법이라는 점에서 분쟁의 발발 원인과 양상을 설명하는데 적합한 기법인 것으로 판단된다. 그러나 적용과정에서의 분쟁 상황에 대한 불가피한 단순화와 모든 경기자의 합리성을 전제하는 논리는 실제 물 분쟁 상황과 맞지 않을 수 있다. 실제 물 분쟁 상황에 적용할 때에는 결과에 큰 영향을 미치는 할인인자와 편익함수를 산정하는 작업이 매우 신중하게 선행되어야 할 것이다.

## 참고문헌

- 박홍엽, 김병국, 서창수, 박진, 박태순(2005). “공공갈등과 협상”, 지속가능발전위원회 주최 갈등관리 전문가 워크샵, 지속가능발전위원회, pp.539-546
- 한동근(1997). **게임이론(전략적 의사결정의 이론과 응용)**. 경문사, pp.2-17
- 김영세(1998). **게임이론(전략과 정보의 경제학)**. 박영사, pp.158-174
- 김영세(2005). **게임이론과 수리경제학**. 대한민국학술원, pp.729-745
- 임동원(2003). 새만금 간척사업에 대한 게임이론적 분석, 석사학위논문, 서울대학교, pp.6-34
- Rubinstein, A.(1982). *Perfect Equilibrium in a Bargaining Model*. *Econometrica* 50, pp.97-109