

# 게임이론을 통한 남북 공유하천 관리 전략 도출

## Applying Game Theory for Strategy Transboundary River : the case of Han River in North and South Koreans

최 동 진\* / 이 미 홍\*\*  
Choi, Dongjin / Lee, Mihong

### Abstract

This study aims to set up the appropriate strategies for the transboundary river between South and North Korea. We took the example of Bukhan River which penetrates both Korea to illustrate this idea, and applied Game Theory to get the solutions. Previous studies have mainly dealt with counterplan in case of confliction. On the contrary, this study has the premise that there could be much more cooperations. The analysis shows that the best choice is to develop the basin together. For example, they can make up development plan for Imjin basin which ranges from North Korea and South. As the result, South Korea can get the stable water volume in the river and North Korea can have the chances for economic revitalization.

**keywords** : Transboundary river, Game Theory, Innam Dam, Water Dispute, Water allocation

### 요 지

이 연구는 남북 공유하천의 바람직한 관리 비전과 목표를 수립하기 위해서 북한강의 임남댐 사례를 통해 합리적인 관리 전략을 세우는 것을 목적으로 한다. 방법론적으로는, 게임이론의 접근 방법을 통해 남북한 공유하천 문제의 해법을 찾아보았다. 기존의 논의가 주로 남북 간의 비협조적인 상황 하에서의 대응전략을 주요한 관심으로 한 데 비해 본 연구에서는 보상을 연계시킨 협조게임의 접근방법으로 남북 간의 협력의 가능성을 시나리오를 설정하여 분석하였다. 또 남북이 최선의 이익을 얻을 수 있는 협력과 보상의 조건을 계량화하여 평가할 수 있는 방법론을 제시하였다. 남북한이 모두 최선의 편익을 누리는 방법은 북한이 남한에게 유량을 할당해주고, 남한은 그에 대한 보상으로 남북 공동의 이익을 가져다 줄 수 있는 공동개발 사업(임진강 유역의 공동개발 등)에 적극적인 투자를 하는 방법이라고 할 수 있다.

**핵심용어** : 공유하천, 게임이론, 임남댐, 물분쟁, 물할당

\* 국토환경연구소 소장  
Principal Researcher, Research Institute for Environment and Development, #817, Samsung Lacville, 751, Janghang-Dong, Ilsandong-Gu, Goyang-Shi, Gyeonggi-Do, 410-380, Korea  
(e-mail: water@eco.re.kr)  
\*\* 한국토지공사 국토도시연구원 · 책임연구원  
Research fellow, Land and Urban Research Institute, Korea Land Corporation, Jeongja-Dong, Bundang-Gu, Seongnam-Si, Gyeonggi-Do, 463-755, Korea  
(e-mail: hong14@chol.com)

## 1. 서론

유역의 2/3가 북한에 위치하고 있어 북한의 협력 없이는 근본적인 치수대책 수립이 어려운 임진강과 북한의 유역변경식 발전소 건설로 유량의 대폭적인 감소가 예상되는 북한강의 문제는 남북 간 협력이 없이는 해결하기가 곤란하다. 하지만, 우리나라는 그동안 남북 간의 공유하천뿐만 아니라 국내의 하천관리에서도 일관성 있는 원칙과 방향에 입각하여 정책을 추진하지 못하였다. 국내적으로는 수리권 등 하천 관련 제도의 정비가 불완전하고, 남북공유하천 문제에 있어서는 정치·군사적인 측면이 우선시 되면서 체계적이고 일관성 있는 하천관리가 되지 못하였다. 특히 남북 공유하천의 문제는 치수대책의 마련과 유량할당 문제 등 일반 수자원관리 측면의 해결책이 중요함에도 불구하고, 남북관계의 특수성으로 인해서 수공위협 등 정치·군사적인 측면만 부각되어 왔다. 따라서 공유하천관리의 일반적인 목표와 원칙에 입각하여 남북공유하천 문제를 재조명하고 합리적인 공동관리 방안을 수립하는 것은 매우 중요하고도 시급한 문제라고 할 수 있다.

이에 이 연구는 남북 공유하천의 바람직한 관리 비전과 목표를 수립하기 위해서 북한강의 임남댐 사례를 통해 게임이론을 적용하여 합리적인 관리전략을 세우는 것을 목적으로 한다. 이러한 접근은 그동안 남북 대치상황을 반영한 갈등의 측면에서 고찰하여 왔던 공유하천관리의 문제를 협력과 공동 관리의 관점에서 파악하고 합리적인 관리전략을 세우는 기초적인 작업이 될 것이다.

## 2. 공유하천 관리 방법으로서 게임이론 고찰

공유하천 문제에 대해서는 다양한 경제 이론적 접근들이 이루어져 왔으며, 그 중 대표적인 방법이 게임이론이라고 할 수 있다. 게임이론은 경제행위 주체들의 전략적 행동을 분석하는데 유용한 도구이다. 전략적 행동이란 상호의존적 상황에서 경제주체가 어떤 행동을 할 때 이후 나오게 될 상대방의 대응을 미리 계산하고 행동하는 것이다. 게임이론적 접근은 수자원 이용문제에서, 시장이 존재하지 않더라도 게임의 당사자들이 서로 상대방의 효용함수에 영향을 미칠 수 있는 수단을 협상을 통해 조정함으로써 자원배분의 효율성을 제고할 수 있다. 특히 수리권이나 용수이용권이 확립되어 있지 않은 공유하천에 대한 물이용 문제는 게임이론을 이용하여 해결 방안을 찾는 것이 효과적인 경우가 많다.

국제하천에 관한 게임 이론적 접근은 그동안 국제하천을 둘러싼 대립과 갈등을 둘러싼 대응전략을 연구하

기 위해서 비협조게임으로 설정하고 분석하는 경우가 많았다. 게임이론의 주요 관심사는 발생 가능한 다양한 상황 하에서의 '공유하천관리를 위한 최적의 선택전략은 무엇인가', 특히 '일방향 외부성(월경성 외부성)이 존재하는 가운데서의 하류지역의 최선의 정책적 선택은 무엇인가', '공유하천의 공동관리 혹은 공동개발 시의 편익의 분배를 어떻게 할 것인가'하는 것들이다. 월경성 외부효과를 포함시켜 모델링하기 위해 비협조게임 이론으로 접근한 사례들은 다수 존재한다(Barrett 1994).

그런데 최근에는 국제 공유하천 문제를 대립과 갈등보다는 협력과 공동 관리의 관점에서 분석하려는 추세가 많아졌다. Dinar(2006)는 국제하천에 관한 통계 분석을 통해 갈등보다는 협력의 사례가 훨씬 많으며, 특히 유역의 국가들이 상·하류로 구분되어 있는 경우에는 하류가 상류에 보조금을 지급하거나 양국 간에 비용을 분담하는 방식으로 문제를 해결한 사례가 다수를 차지한다는 것을 밝혀냈다. 공유하천 문제에 대해 협조게임의 관점에서 분석하려는 사례도 최근 늘고 있는데 우선 상호협력에 의해 분쟁을 해결하는 협조게임의 사례를 들 수 있다. Rogers(1969a; 1969b)는 협조게임의 사례를 갠지스-브라마푸트라 유역에서의 인도와 파키스탄의 물 사용을 둘러싼 분쟁에 적용하였다. 결과는 양국이 큰 이익을 얻을 수 있는 상호협력 전략의 범위를 제안하였다. Rogers는 갠지스 하류의 이해관계 대립을 분석하면서, 인도와 파키스탄이 상호 협력하는 전략을 제안하였다. Dufournaud(1982)는 게임이론을 콜롬비아강과 메콩강 하류에 적용하여, '상호 이익'이 항상 유역의 협력관계를 측정하는 가장 효율적인 기준은 아니라는 것을 보였다. Dinar and Wolf(1992, 1994)는 협조게임이론을 이용하여 이스라엘과 이집트 사이에 수자원기술의 교환을 통해 생길 수 있는 경제적 이익과 그러한 이익들이 협조를 끌어내기 위해 어떻게 분배될 수 있을 것인가를 제시하였다.

본 연구에서는 남북 공유하천인 북한강의 임남댐 건설을 둘러싼 갈등의 해법을 협조게임의 관점에서 분석한 것이며, 특히 상호 연계된 협조게임의 접근방법을 통해 남북간의 협력을 통해 남북 공동의 편익을 더 높일 수 있다는 것을 보여줄 것이다.

## 3. 남북 공유하천 관리 전략 도출

### 3.1 임남댐 관리 현황

북한의 임남댐은 북한강 수계 금강산 발전소(안변청년발전소)의 조업용 댐으로, 하천의 물을 동해안 안변지구로 보내 300m의 낙차를 이용하여 전력을 생산하는

유역변경식 수력발전이 활용되고 있다. 임남댐은 2000년 10월에 2단계 공사를 완료하고 현재 3단계 공사를 진행하고 있으며, 당초 댐 높이 121m, 저수량 26억m<sup>3</sup>으로 계획하였으나 현재 댐높이 105m까지 축조된 것으로 알려지고 있다. 1,2단계가 끝난 이 댐의 시설용량은 40만kW이나 실제발전량은 20만kW인 것으로 알려져 있다 (한국수자원공사, 2004).

임남댐과 관련하여 남북 간의 협력 사업을 위해 남북한은 2002년 제2차 남북경제협력추진위원회 회의에서 임남댐 공동조사를 위한 실무접촉을 개최기로 합의하였고 이에 따라 2002년 9월 금강산에서 실무접촉이 개최되었다. 남북은 공동조사의 필요성에는 공감하였으나, 북측이 공동조사 전 임남댐의 부정적 평가에 대한 사과와 명예훼손 등에 대한 보상 등을 요구함에 따라 합의도출에는 실패하였다. 최근에 합의한 전력송전사업(2005.7.12. 16차 장관급회담 합의문)이 가시화되면서 임남댐 관련 협력사업에 대한 가능성이 높아지고 있다.

### 3.2 게임이론을 이용한 남북공유하천 관리 전략 도출

협상과 조정이 가능하려면 게임 당사자들은 상대의 효용에 영향을 줄 수 있는 수단을 가져야 한다. 당사자들이 서로의 효용에 영향을 미칠 수 있을 때 협상을 통하여 외부효과를 내부화할 수 있다. 남북 공유하천의 경우와 같이 상·하류가 분명히 구분되어 있는 경우 상류에서는 유량을 조정할 수 있는 수단이 있지만, 하류의 경우 상류의 행위를 제어할 뚜렷한 수단을 가지지 못한 경우가 많다.

남북한의 공유하천 공동관리 문제를 게임이론을 통해 분석하기 위하여, 임남댐 건설을 전후하여 남북한이 얻게 되는 보상(payoff)을 시나리오에 따라 산정하여 보았다. 남북한의 협력과 거래가 가능한 상황에서는 남북 공유하천 문제는 협력 게임(Nash, 1953)의 모델로 나타낼 수 있다. 공유하천의 게임이론에서는 상류국가의 전략 A가 하류국가의 특정전략 B에 대한 최적대응이 되고, 또, 하류국가의 전략 B가 상류국가의 전략 A에 대한 최적대응일 때 상류국가가 A, 하류국가가 B의 전략을 사용하면 이를 내쉬균형이라고 한다. 즉, 유역 전체의 관점에서 최선의 상태라고 할 수 있다. 협력게임에서의 내쉬 균형은 다음의 내쉬 곱(N)을 최대화하는 것이다(Frisvold, 2000).

$$N = (u_U - \underline{u}_U)(u_D - \underline{u}_D)$$

여기에서  $u_U$ 와  $u_D$ 는 각 국가의 이득(payoffs)을 나

타내고(상류 U, 하류 D),  $\underline{u}_U$ 와  $\underline{u}_D$ 는 협상하지 않았을 경우의 이득을 나타낸다. 남북 공유하천의 문제는 상류에서 하류로 일방적 외부성(unidirectional externality)이 존재하므로, 북한을 유인할 수 있는 적절한 보상이 전제되지 않으면 북한은 항상 상류에서 하류로 유입되는 유량을 최대한 이용하여 편익을 확보하려 한다. 따라서 보상과 연계시킨 협력게임(interconnected game)이 되어야 협상이 이루어질 수 있다.

상류지역이 하류에 일정한 비율( $\alpha$ )의 유량을 보장하고, 수자원의 공동개발을 하여 얻는 전체적인 편익을  $b$ , 비용이  $c$ 가 되는 상황을 가정해 보자. 이 경우에 하류 지역에 돌아가는 편익과 비용의 비율이 각각  $\beta$ ,  $\gamma$ 라고 하면, 상·하류 국가가 얻게 되는 이득 U와 D는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} D &= (\alpha Fp + \beta b - \gamma c) - \underline{u}_D \\ U &= (1 - \alpha)Fq + (1 - \beta)b - (1 - \gamma)c - \underline{u}_U \end{aligned}$$

여기에서 F는 전체 유량을, p와 q는 각각 상류와 하류의 단위 유량 당 이득을 나타낸다. U와 D 각각 음이 아닌 경우, 즉 협력하지 않았을 경우보다 협력에 의해서 발생하는 이득이 더 많을 경우에 이 게임은 의미가 있다. 이때의 내쉬 곱은 다음과 같고, 주어진  $\alpha$ 에 대하여 N을 최대로 하는  $\beta$ ,  $\gamma$ 를 구하는 것이 내쉬균형의 상태라고 할 수 있다. 여기에서  $\delta$ 는 상류의 하류에 대한 협상력을 나타내는 계수이다. 협상력은 양국의 공유하천에 대한 의존도와 양국간의 세력관계에 의해서 결정된다(Binmore, 1986; Frisvold, 2000).

$$\begin{aligned} N &= [(\alpha Fp + \beta b - \gamma c) - \underline{u}_D]^\delta \\ &\times [(1 - \alpha)Fq + (1 - \beta)b - (1 - \gamma)c - \underline{u}_U]^{1 - \delta} \end{aligned}$$

Fig. 1은 남북한의 유량할당 비율에 따른 발전편익과 용수편익을 산정하기 위한 시스템다이내믹스모델을 나타낸 것이다. 유량 할당은 임남댐 건설전과 같이 북한에서 하류유입량을 전혀 차단하지 않는 경우와, 임남댐의 최종건설로 유량이 완전 차단되는 경우, 남북한의 협상에 의해서 일정한 비율의 유량을 남한이 보장받는 경우의 세 가지 경우로 구분할 수 있다. 게임의 보상을 산정할 때, 현재화하지 않은 용수편익과 홍수편익은 고려하지 않았다. 임남댐 건설로 인한 남한의 발전량 손실과 용수편익의 감소는 기존의 발표 자료를 근거로 하였다(건교부, 1997; 2002).

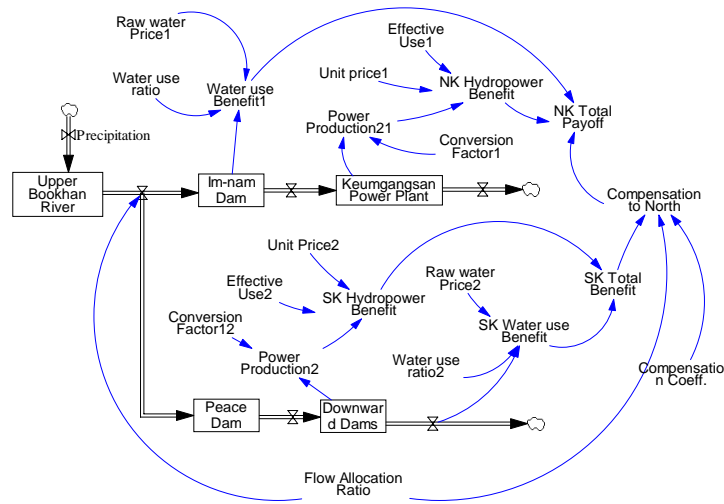


Fig. 1. System Dynamics Model for Transboundary River Game

### 3.2.1 임남댐 건설 이전

북한강 상류지역은 미개발지역이고 접경 지역이었기 때문에, 북한이 임남댐 건설에 착수하기 전까지 북한이 상류지역에서 얻은 실제적인 경제적 이득은 미미하였다고 볼 수 있다. 주변지역에서 최소한의 생활용수와 농업용수를 이용하였다고 볼 수 있으며, 이로 인해 하류 지역의 유입량이 크게 달라지지 않았다. 반면 남한은 북한강 하류지역에 다수의 댐을 건설하였고, 수력발전소를 통하여 전력을 생산하였다. 북한강 상류의 물은 수도권의 취수원이 되는 한강분류로 합류되므로 생공용수와 농업용수로서 기여했다고 볼 수 있지만, 이 당시에는 북한강 상류지역의 이수측면에서의 중요성은 수도권의 물부족을 유발하거나 할 정도로 크지 않았다고 볼 수 있다.

국내에서 수력발전 편의 산정 시에는 대체화력 평가 기법 등이 사용되고 있다. 최근 발전자회사들이 민영화된 이후로는 한전에서 원자력 발전을 사들이는 단가로 계산하기도 한다. 임남댐 건설로 상류유입량이 차단될 경우 북한강 하류의 화전, 춘천, 의암, 청평, 팔당 등 5개 수력발전소의 1일 발전량 37만kW중 약 28.2%인 10.4만kW가 감소될 것으로 추정되고 있다(건설교통부, 1997, 2002; 선우중호, 1986).

한국전력공사에서 발전자회사들로부터 원자력 발전을 사들이는 단가는 kW당 50원 미만이며, 신재생에너지인 풍력발전은 107.29원, 소수력은 72원~94원에 구매해주고 있다. 단가를 kW당 50원으로 가정하고, 10.4만 kW를 다 사용한다고 가정할 경우 456억원에 해당하므로, 남한에서는 북한강 상류의 유입량으로 연간 최대 456억원의 편익을 얻고 있었다고 볼 수 있다.

Table 1. Decrement Power Supply after Dam Construction

power plant	Hwacheon	Chuncheon	Uiam	Cheongpyeong	Paldang	Total
installed capacity (ten thousand kW)	10.8	5.76	4.50	7.96	8.00(12.0*)	37.02(41.02)
annual power supply (Gwh)	313	166	158	282	297	1,317
annual power supply before dam construction (Gwh/year)	251	127	165	280	434	1257
annual power supply after dam construction (Gwh/year)	189	167	120	209	303	988
reduction rate(%)	25	16	27	25	30	21.4

source: Ministry of Construction and Transportation, 1997; 2002; Sunwoo, 1986

\* 팔당댐의 시설용량은 1995년~1999년 사이에 팔당수력 용량증대 개체공사를 시행하여 발전설비용량을 8만kW에서 12만kW로 증가시켜서 현재는 12만kW임. ( )안은 증설 후의 용량을 나타냄.

**Table 2. Guideline of Electric Power using Renewable Energies**

electric power source using renewable energy	facility capacity standard	section		standard price(won/kWh)		remark
				fixed	floating	
solar energy	above 3kW	above 30kW		677.38	-	reduction rate 4% (after 3 years)
		below 30kW		711.25	-	
wind energy	above 10kW	-		107.29		reduction rate 2% (after 3 years)
hydraulic power	below 5MW	general	above 1MW	86.04	SMP+15	
			below 1MW	94.64	SMP+20	
		other	above 1MW	66.18	SMP+ 5	
			below 1MW	72.80	SMP+10	

source: Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2006

**Table 3. Benefit of Ttransboundary River without Innam Dam**

(unit : hundred million won)

	power generation	water use	others	Total
North-Korea(upstream)	-	-	-	-
South-Korea (downstream)	456	406	-	862

용수이용 편익의 경우 북한강의 연간 유입량 17.4억 m<sup>3</sup> 전량을 차단된다고 가정할 경우 이로 인한 생공용수와 농업용수 등의 이용에 지장을 받게 될 가능성이 있다. 물론 현재는 수도권의 물부족이 없기 때문에 당장은 북한강 상류의 유입량이 차단된다고 하더라도 전체 용수이용에 큰 지장을 받지 않지만 물부족 상황을 가정할 경우 잠재적 수원을 잃게 되는 결과를 초래한다.

2005년 말 현재 댐 용수의 물값은 47.93원/m<sup>3</sup>이다. 따라서 용수차단으로 인한 손실은 댐 원수 가격을 기준으로 할 경우 50원으로 가정하면 연간 870억원이 된다. 그러나 일반적으로 하류로 유입되는 유입량을 모두 이용하지는 않으므로 2006년 수자원 장기종합계획에 제시된 우리나라의 수자원 이용량을 유출량의 46.6%로 적용하면 406억원 정도가 된다. 북한이 현대에게 사업권을 보장한 것 중에는 북한강 물을 수도권 상수도로 개발하는 것이 포함되어 있는데, 그럴 경우에 북한이 원수가격으로 제시하는 가격은 현재의 댐원수 가격보다 높을 가능성이 크다.

결론적으로 남한의 경우 전력생산에 의해 연간 456억원 정도의 편익을 얻고 있었으며, 용수이용과 관련하여 연간 406억원 정도의 잠재적 편익을 확보하고 있었다고 볼 수 있다. 북한은 상류지역의 유량을 이용하지 않은 상태이므로 잠재적 편익을 현재화하지 못하고 있는 상황으로 가정할 수 있으며, 전력생산에 의한 편익

의 10%(45.6억원), 용수편익의 전체를 이득으로 가정하면, 총 이득은 45.6억원 + 406억원 = 452억원이 된다.

### 3.2.2 임남댐 건설 이후

임남댐 건설로 인해 북한은 발전편익과 잠재적 용수 이용 편익을 얻게 된다. 이는 물론 북한의 일방적인 개발이 그대로 진행될 경우를 가정할 경우를 상정한 것이다. 북한의 이득은 주로 전력생산 편익이라고 할 수 있다. 남한의 전력편익을 계산했던 방식으로 북한의 20만 kW에 대한 전력편익을 계산하면 876억원이 된다. 산업자원부에 따르면 2000년 기준 북한의 발전시설의 설비이용률은 23.4%에 불과하다. 통일부의 주간북한동향 381호에서는 북한 발전설비와 전력변환장치, 배전설비 등의 문제로 인한 전력손실을 16%로 추정하고 있다. 또 다른 자료들(남성욱, 2005)에서는 UNDP등의 발표자료를 근거로 북한에서 생산된 전력의 30%가 손실되는 것으로 추정하고 있다. 따라서 북한 수력발전소의 평균 설비이용률은 30%를 밑돌 것으로 판단할 수 있다. 그러나 최근에 건설된 시설의 경우 설비이용률이 이보다 훨씬 높을 것으로 추정할 수 있다. 왜냐하면 북한의 수력발전소는 전체의 53%가 일제 때 건설된 설비이며, 20년 이상의 설비(1980년 이전)가 84%를 차지하고 있어서 가동률이 낮은 이유는 주로 이러한 노후시설들 때문인 것으로 추정된다. 한편, 임남댐에서 물을 공급하는 안변청년발전소의 경우 유역변경으로 포장수력을 높이

거나 대형저수지를 조성해서 갈수기에도 일정한 발전이 가능하도록 건설하고 있을 것으로 추정된다. 따라서 북한의 안변청년발전소는 기저부하수요와 첨두부하(피크 부하) 수요에 동시에 공급할 수 있는 기능을 지니고 있다고 볼 수 있다(김상규, 2004). 또 한국수력원자력에서 제시하고 있는 통계([http://hydropower.khnp.co.kr/WATER\\_04/WATER\\_0402/init.htm](http://hydropower.khnp.co.kr/WATER_04/WATER_0402/init.htm))에는 1975년~1999년까지의 북한의 수력발전 이용률은 남한보다 훨씬 높아서 최소 65.6%에서 최대 78.0%(평균 72.0%)까지였다. 여기에서는 이러한 상황들을 고려하여 설비용량의 70% 정도를 사용한다고 가정하였다. 낮과 밤, 계절에 따라 전력사용이 불규칙하기 때문에 1년 내내 100%를 다 사용하기 곤란할 것이므로, 위에서 언급한 상황에 의거하여 70%만 사용한다고 가정하면, 613억원에 해당한다. 그런데, 당초 북한은 20만 kW의 전력 생산을 목표로 임남댐 건설에 착수하였으나 2단계 공사가 끝난 현재에는 10만kW 정도만을 생산하고 있는 것으로 알려지고 있으므로 실체는 연간 307억원 정도의 편익을 얻는다고 할 수 있다. 그러나 이는 댐 건설비와 유지관리비를 고려하지 않은 전력판매단가를 기준으로 한 것이기 때문에 순 편익은 이보다 훨씬 적을 것이라고 판단할 수 있다. 우리나라의 과거의 전력요금 산정 방식을, 이윤에 해당하는 투자보수가 원가의 6~7%를 넘지 않으므로 순이익은 전력판매단가를 기준으로 산정한 금액의 10%를 넘지 않는 것으로 가정할 수 있다.

북한이 유역변경을 하여 확보할 수 있는 수량을 통해 얻는 잠재적 용수이용 편익(생활용수, 공업용수, 농업용수 편익)은 현재와 장래의 북한강 상류지역의 개발 밀도를 고려해 볼 때, 전력생산으로 인한 편익에 비해 크지 않을 것으로 보인다. 1980년도의 우리나라(남한) 전체의 하천유출량에 대한 용수이용량의 비율이 23%였던 것을 감안해 보면, 북한이 이용할 수 있는 유량은 전체 유입 차단량의 20% 미만일 것으로 예상할 수 있다. 20%의 용수이용률을 적용하여 잠재적 용수이용편익을 계산해보면, 174억원 정도라고 할 수 있다. 즉 북한은 용수이용의 잠재적 편익을 합하여 연간 총 481억원 정도의 편익을 확보하는 것으로 볼 수 있다.

임남댐 건설로 인해 남한이 입게 되는 피해는 매우 복잡적이다. 발전량 감소로 인한 손실과 용수이용 제한

으로 인한 손실 외에도 평화의 댐 건설비용도 포함이 되어 있다. 지금까지 평화의 댐 건설에 총 3,995억원의 비용이 소요되었다. 평화의 댐 건설로 인해 얻는 편익은 현재로서는 거의 없다고 할 수 있다. 평화의 댐 건설로 홍수피해에 대한 대응능력은 커졌다고 할 수 있지만, 북한의 일방적인 방류상황을 고려할 경우 평화의 댐을 홍수시에 적절하게 이용할 수 있는 여지가 많지 않다.

남한에서의 전력생산 감소와 잠재적 수자원의 손실로 인한 피해는 이미 살펴본 바와 같이 연간 1,176억원에 달한다. 그러나 이것은 용수이용 손실을 현재의 댐 원수대 수준(50원)을 기준으로 산정한 것이고, 만일 수도권의 물부족 상황이 발생하여, 다른 대체수자원을 구해야 되는 상황을 가정하면 유량손실의 피해는 훨씬 더 커지게 된다. 2005년 말 현재 물값은 댐 용수는 m<sup>3</sup>당 47.93원이고 광역상수도는 원수 213원, 정수 394원, 침전수 314원이다. 또, 2005년 말의 전국 상수도의 평균 생산원가는 680원이며, 해수담수화를 통해 물을 생산해야 할 경우는 0.5~1.6달러/m<sup>3</sup> 정도의 비용이 소요된다. m<sup>3</sup>당 500원으로 가정할 경우 용수이용의 차단으로 인한 피해는 10배인 4,060억원으로 늘어나게 된다.

요약하면, 북한의 경우 상류의 유역변경으로 연간 481억원의 편익이 발생하는 반면, 남한은 상황에 따라서 연간 1,100억원~4,000억원의 피해를 입게 된다. 이러한 편익과 피해의 차이는 남북한의 물이용 수준과 용수이용의 상대적 가치가 다르기 때문이다.

### 3.2.3 공유하천의 최적이용 전략

현재의 북한강을 둘러싼 남북 간의 문제는 북한이 상류에서 일방적으로 유역변경 발전을 함으로써 발생한 것이며 이는 하류인 남한의 물이용에 매우 큰 영향을 주는 것이므로, 이와 같은 행위를 제한해야 한다고 하는 공유하천에 관한 국제적 관례에 어긋나는 것이다. 또 이미 살펴본 바와 같이 유역 전체의 경제적 효율성 측면에서도 최적의 방안은 아니다. 특히, 남한의 입장에서는 부당하게 손실을 입게 되는 것이므로 현재의 상황을 그대로 유지하는 것은 타당하지 않다.

남한에게 가장 이상적인 방안은 북한이 유역변경식 발전을 포기하고 당초의 상황과 같이 유입량을 남한에

Table 4. Benefit of Transboundary River after Construction of Imnam Dam (unit : hundred million won)

	power generation	water use	others	Total
North-Korea(upstream)	307~613	174	-	481~787
South-Korea (downstream)	0	0	0	0

보장해주는 방법이 있다. 이는 남한이 일정한 보상을 해주지 않으면, 북한이 받아들이지 않을 것이며, 이미 건설한 댐을 이용하지 않기 때문에 매몰비용이 발생하게 되므로, 남한으로서는 최적의 상황이지만 북한에게는 별로 득이 없는 거래라고 할 수 있다. 남한이 원래의 상태로 되돌린다는 것을 전제로 북한에 보상한다는 것도 공유하천에 대한 일반적인 관례와 국민정서상 선택하기가 곤란한 전략이다. 원인자에게 오히려 보상하는 상황은 국제적인 관례와 배치되고 때문이다. 이러한 상황에서의 일반적인 해결방법은 북한이 남한이 입게 되는 피해를 보상해주는 방법과 북한이 유입량 전면 차단 방식의 개발을 철회하고 남한이 적절한 보상을 해주는 방법이 있다.

북한이 일방적인 개발로 인해 얻는 편익으로 남한의 피해를 보상해주는 방법은 현실가능성이 높지 않으며, 합리적이지도 않다. 북한이 얻을 수 있는 편익에 비해 남한이 입게 되는 피해가 훨씬 크기 때문이다. 또한 국제적인 경험을 보더라도 경제력이 취약한 국가가 개발의 대가로 경제적으로 풍요한 국가에게 보상하는 경우를 찾아보기 힘들다. 따라서 바람직한 해법은 남한이 북한에게 적절한 보상을 해주고, 공유하천을 공동으로 관리하는 방안이다. 여기에서 문제가 되는 것은 보상의 수준과 형태라고 할 수 있다. 먼저 보상의 수준은 남한의 물 이용 정도에 따라 좌우된다. 국제적인 사례를 볼 때, 남한이 상류지역의 유입량(17.4억 m<sup>3</sup>)의 50% 이상

을 사용하지 않는 상황에서 보상을 하는 것은 타당한 방법이 아니다. 왜냐하면 이러한 경우에는 공유하천의 공평한 이용의 원칙에 어긋날 뿐만 아니라 피해자가 가해자에게 보상을 하는 격이 된다. 즉, 여기에서는 임담 댐 건설 이전의 자연 상태의 상류 유입량의 50%에 대해서는 남한이 수리권을 가지고 있다고 가정한다. 따라서 남한은 50%이외의 추가적인 용수 이용으로 인해 편익이 발생할 경우에는 북한과 이를 배분할 수 있다. 즉, 남한이 70%의 유량을 할당받아 이용할 경우 50% 이외의 추가적인 20%의 할당량을 이용하면서 발생한 편익에 대해서만 북한과 공유하면 된다.

다음 표는 남한이 유량의 70%를 보장받을 때의 남북한의 편익과 이득을 나타낸 것이다. 총 이득은 발전 이득의 경우 생산비용을 고려하여 편익의 10%로 산정을 하였으며, 용수편익은 편익 전체를 이득으로 산정하였다.

북한의 경우는 남한에 20%의 추가적인 유량을 할당해주는 대신에 이에 대한 보상을 받아야 하며 게임이론의 관점에서 보면 이러한 보상은 북한이 남한과 거래를 하지 않고 독자적으로 사업을 추진하는 경우에 얻을 수 있는 이득보다 커야 거래가 성립할 수 있다. Table 6은 ① 남북한이 비협조적인 관계에 있는 경우 ② 공동사업을 수행하지는 않고, 남한에 대한 추가적인 유량할당에 따른 이득을 5:5로 공유하는 경우 ③ 남북한이 별도의 공동사업을 수행하고 이로 인한 이득을 남북이 공유하

**Table 5. Benefits and Profit of Transboundary River without Dam(water quantity allocation South:North = 7:3)**  
(unit : hundred million won)

	power generation	water use	others	total	total profit (Payoff)
North Korea (upstream)	201	52	-	254	72
South Korea (downstream)	319	284	-	603	316

**Table 6. Payoff Matrix by Water Allocation Scenarios** (Unit: 100million Won/year)

		North		
		No flow to South	Flow allocation (70% to South)	abandon Innam Dam Construction
South	① Noncooperative	235 (N) 0 (S)	72 316	0 452
	② Unlinked Assistance	235 0	104 284	113 339
	③ Interlinked compensation	235 + t a	104 + t 284+m	113 + t 339+m

는 경우로 구분하여 보았다. 북한에게 할당되는 이득을  $t$ , 남한에 할당되는 이득을  $m$ 이라고 하자.  $t$ 는 공동사업의 이득이 될 수도 있지만, 경우에 따라서는 남한에 의한 보상을 의미할 수도 있다.

Table 6에서 북한의 입장에서는 제시되어 있는  $t$ 가 131억원(235억-104억) 이상이 되어야 유리한 선택이라고 할 수 있다. 남북 간에 5:5의 유량할당을 합의한다면, 북한은 이보다 더 적은 보상 수준에서 (235/2 억-104억 이상) 거래에 응할 수 있다.

Fig 2는 남한에 대한 유량할당비율에 따라 남북이 연계 되는 이득을  $t=100$ 억원일 경우를 기준으로 나타낸 것이다. 남한에 추가로 할당되는 유량으로 인한 이득은 남북이 50%씩 나누는 것으로 하였다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 북한의 경우 협력 시에 생기는 이득이 협력하지 않았을 경우의 이득보다 더 클 경우에 협력에 응할 수 있다. 북한이 협력과 비협력의 기준으로 삼게 되는 최소이득은 원칙적으로는 유량할당이 50%일 때 (118억)이겠지만, 현실적으로는 남북간의 협상력( $\delta$ )에 따라 좌우될 것이다. 유량 할당이 동등하게 50%로 할 수 있는 경우는 양국의 협상력이 같을 때( $\delta=0.5$ ) 가능한 것이고, 그렇지 않을 경우에는 기득수리권에 대한 인정 비율이 달라지게 된다. 예를 들어, 북한의 협상력이 남한보다 절대적인 우위에 있을 경우( $\delta=1$ ) 북한은 상류지역에 대한 유량 전체를 북한의 재산권으로 주장하며 남한과의 협력은 남한이 할당받는 유량 전체에 대해 보상을 하는 경우에만 가능하다고 주장할 수도 있다. 즉, 위의 그림에서 235억원 이상의 이득이 발생하지 않을 경우 협력하지 않을 수도 있다. 요컨대 남한의 협상력이 작을수록 협력을 유도할 수 있는 보조금( $l$ )의 액수가 커

지게 된다.

보상과 연계가 포함된 게임이론의 접근방법으로 북한강 문제를 해결하려 할 때, 임진강 수해복구사업에 대한 지원과 협력은 북한강을 둘러싼 남북 공유하천 갈등에 대한 하나의 좋은 대안이 될 수 있다. 예를 들어, 북한이 남한에게 전체 유량의 70%를 보장하는 경우, 남한에서는 50%의 당연할당량을 제외한 20%의 유량이 용으로 발생한 이득의 절반을 북한에게 직접 보상하고, 1/4을 북한의 임진강 유역 수해복구사업에 지원하는 방법이다. 이 경우 임진강 수해복구지원사업은 하류에 위치한 남한에 또 다른 홍수조절 편익을 가져올 수 있다. 위에서 예시한 방식대로 유량을 할당할 경우 임남댐 건설 이전에 남한이 얻을 수 있던 전력편익인 456억원의 10%(45.6억원)를 북한의 몫으로 배분하고, 또 추가로 5%(22.8억원)를 매년 북한에 수해복구 사업에 지원을 하고 남한은 유량의 70%를 보장 받아야 한다. 그런데 수해복구 지원사업 역시 사업의 연속성의 측면에서 장기적으로는 한계가 있다. 유량의 할당은 항구적으로 지속되는 문제이지만, 수해복구지원 사업의 경우 그 형태에 따라 달라질 수도 있지만, 일정한 시한을 가질 수밖에 없다. 따라서 연계를 위한 보상은 지속적인 성격을 가져야 한다. 예를 들어, 수해복구지원 사업이 일방적 물자지원이 아니라 임진강 하류의 골재채취사업 등의 공동 개발사업이 포함되었을 경우 거래의 지속성이 담보될 수 있다.

임진강 하구의 골재매장량은 10억 8천만 $m^3$ (다른 추정에서는 10억~30억 $m^3$ )으로 수도권의 연간 골재수요량 4,500만 $m^3$ 을 25년간 충족시킬 수 있는 양으로 알려져 있다(현대경제연구원, 2006, 남북경협현황과 추진 방향).

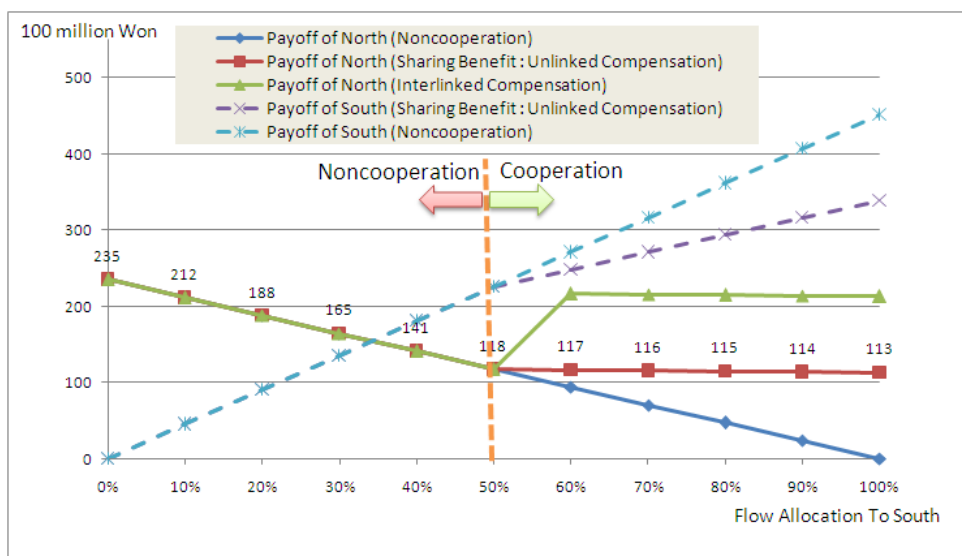


Fig. 2. Payoff of North and South According to Flow Allocation



Table 7. Interests of South and North in Case of Cooperation

North Korea	South Korea
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydropower production</li> <li>• Exploitation of sand and aggregate</li> <li>• Development tourist complex</li> <li>• Countermeasure against flood and drought damage</li> <li>• Water resources for agriculture</li> <li>• Establishment of commercial port for inter-Korea trade</li> <li>• Water for Industrial and recreational use</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flood control at Imjin River Basin</li> <li>• Stable management of North Han River water resources at downstream region</li> <li>• Exploitation of sand and aggregate at downstream of Imjin River estuary</li> <li>• Activation of inter-Korea exchange</li> <li>• Protection of river ecosystem</li> </ul>

행정구역상 황해도와 경기도가 마주보는 지역인 한강 하구는 대연평도 인근 서해 북방한계선과 비무장지대를 연결하는 지점으로 길이는 47km에 이르고, 이곳에서 모래를 채취하기 위해 준설공사를 하면 한강 하구의 수위가 1m 가량 내려가 매년 여름 되풀이되는 임진강 하류 지역의 홍수 피해를 막는데도 도움이 될 것이라는 평가도 있다. 그러나 반면 지속가능한 수준을 넘어선 과도한 골재채취는 한강 하구의 생태환경이 악화될 것이라는 우려도 있다. 2006년 자료에 따르면 북한의 개성 사천강 모래를 우리 기업이 퍼오는데, 1m<sup>3</sup>당 3달러, 해주 앞바다 모래는 1.6불 정도를 지불하고 있다.

남한의 경우 북한강의 유량할당에 대한 보상액을 골재채취 비용에 포함시켜 북한에 지불하는 방식을 취할 수 있다. 즉, 지속성을 가진 수자원 공동개발 사업이 연계되었을 경우 가장 바람직한 형태의 공유하천의 공동이용이 가능하다.

### 3.3 보상의 방식과 시기

다음으로 중요한 것은 보상의 방식인데, 보상의 형태는 양측에 적절한 명분과 실리를 제공하는 것이어야 한다. 식량과 같은 현물지원, 금강산댐을 유역변경식이 아닌 수력발전소를 변경하도록 하여 북한에 전력을 보내는 방법, 임진강 수해복구 사업과 연계하는 방법, 수자원의 공동개발과 혹은 남북간 수자원 거래 방법 등이 있을 수 있다. 한 예로 2000년 5월에 현대와 북한의 아태평화위원회가 이른바 '7대 경제협력사업'을 맺고, 그 대가로 5억 달러를 주기로 합의했는데 이 7대 경제협력 사업에는 금강산댐의 물 5억m<sup>3</sup>을 수도권에 파이프라인(임남댐에서 팔당까지 140km)으로 공급하는 사업이 포함되어 있다.

식량지원과 같은 현물지원과 연계하는 방안은 일회

성 거래로 편익의 분배가 종료될 수 없는 하천의 특성상 바람직한 방법이라고 볼 수 없다. 북한의 임남댐을 수력발전용 댐으로 전환시켜 하류지역에 물이 유하할 수 있도록 하는 방안도 제기된 바 있으나 이는 임남댐이 전력의 주요 수요처인 도시와 산업단지에서 너무 떨어져 있어 송전비용 등의 비용이 많이 발생하는 등의 문제가 있어 실효성이 없을 것으로 보인다. 유역변경식으로 발전할 경우에는 전력의 생산지가 원산이 되어 주변에 전력의 수요처가 많고, 또 수력발전을 위한 큰 낙차를 확보할 수 있다.

또 한 가지 중요한 것은 거래의 시기이다. 국제적인 사례를 보면, 이러한 보상에 의한 거래는 연안국 간의 격차가 클수록, 공유하천이 유량의 할당이 상하류에 미치는 영향이 크지 않을수록 쉽게 거래가 성립할 수 있다. 경제력의 격차가 크면 클수록 물이용의 상대적 가치의 차이도 커서 경제력이 앞서있는 국가가 상대 국가가 받아들일 수 있는 정도의 보상을 쉽게 할 수가 있다. 남북 공유하천의 문제는 남북한의 경제력의 차이가 크고, 북한에 용수 수요로 인한 물 스트레스가 높지 않은 현 단계에서 가능한 빨리 합리적인 질서를 마련하는 것이 중요하다. 현재와 같이 북한의 일방적 물이용이 용인되고 있는 상황이 오래 지속될수록 남한은 갈수록 불리한 위치에 처하게 된다.

## 4. 결 론

국제 공유하천 관리의 가장 바람직한 방법은 연안국들이 국제법의 원칙에 따라 공유하천의 공평하고 합리적인 이용에 관한 협약을 맺고, 공동기구를 만들어서 하천환경의 건강성을 유지하는 범위에서 효율적으로 물을 이용하고 관리하는 것이다. 그러나 공유하천에 대한 의존도가 높은 경우 대부분 국제적인 관례나 원칙

보다는 국가의 이해와 국가 간의 세력관계나 친소관계에 의해서 관리기준이 결정된다. 따라서 국제법이나 수리권 원칙에 의한 접근보다는 게임이론의 분석에 의해서 접근하는 것이 공유하천문제를 바라보는 더 현실적이고, 합리적인 수가 있다. 남북 공유하천의 문제 역시 마찬가지이다. 북한의 일방적인 공유하천 개발을 제어할 만한 협약이나 협정, 합의가 존재하지 않은 상태에서 국제법의 원칙을 강조해봐야 아무런 실효성이 없는 외교적 수사에 그칠 가능성이 크다. 따라서 전면적인 남북교류가 이루어지지 않은 조건에서의 남북 공유하천 문제에 대한 접근은 경제적 이해를 기준으로 하는 게임이론의 접근 방법이 가장 설득력이 있다. 이런 이유로 본 연구에서는, 협조적 게임이론의 접근 방법을 통해 남북한 공유하천 문제의 해법을 찾아보았다. 특히, 남북한의 유량 할당 비율, 유량 이용 편익의 분배 방법, 상호협력을 위한 공동협력사업 혹은 지원사업 등의 존재여부에 따라 남북간 협력의 가능성이 어떻게 달라지는지를 살펴보았다. 남과 북이 모두 만족할 수 있는 최적의 협력 상태에 도달하기 위해서는 유량할당에 따라 편익이 어떻게 분배되어야 하는지를 정량적으로 평가하여 보았다.

연구의 결론을 정리하면 다음과 같다. 북한의 일방적인 유역변경에 의한 유량차단은 불합리한 것이며, 최소한 자연상태의 유량의 50% 이상이 남한에 보장되는 것이 합리적이고, 남북한이 모두 최선의 편익을 누리는 방법은 북한이 남한에게 50% 이상의 유량을 할당해주고, 남한은 그에 대한 보상으로 남한이 남북 공동의 이익을 가져다 줄 수 있는 공동개발 사업 예를 들어, 임진강 유역의 공동개발과 같은 사업에 적극적인 투자를 하는 방법이라고 할 수 있다. 현재와 같은 공유하천 이용의 불합리한 구조가 지속되어 고착화 되지 않도록 가능한 빠른 시일 내에 남북간 수자원의 합리적인 이용질서에 대한 합의가 이루어지도록 해야 한다.

마지막으로 위에서 제시한 전력편익의 산정 방법 등은 충분한 남북한의 공유하천 이용현황에 대한 충분한 자료가 없는 조건에서 개략적인 전략의 방향을 세우기 위해 제시한 것이며 제시된 편익으로 산정된 금액이 정확하게 산정된 수치라고는 할 수 없다. 이 부분은 향후 후속 연구를 통해서 충분한 자료의 확보와 보다 합리적인 방법을 적용하여 그 정확성과 설득력을 높여가야 할 것이다.

## 감사의 글

이 연구는 한국 수자원학회의 2006년 IHP 연구사업

에 의해 지원되었습니다. 연구를 위해 물심양면으로 지원해 주신 것을 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 건교부 (1997). **기존 댐 용수공급 능력조사(한강수계) 보고서**
- 건교부, 한국수자원공사 (1997). **임진강 유역조사 최종 보고서**
- 건설교통부 (2002). 공유하천관리방안 연구
- 선우중호 (1986). "금강산댐 건설 영향에 대한 기술적 검토." **한국수문학회지**, 한국수문학회, 제19권, 제4호. pp. 294-302
- 김상규 (2004). "전력공급이 북한경제에 미치는 영향." **북한경제논총**. pp. 101-126
- 남성욱 (2005). "북한의 에너지안보: 정책과 전망." **국제평화**, 제2권, 제1호. pp. 115-160
- 건설교통부 (2006). **수자원장기종합계획**
- 산업자원부 (2006). **신·재생에너지이용 발전전력의 기준가격 지침**, 산업자원부고시 제2006-89호
- Barrett S. (1994). "Conflict and cooperation in managing international water resources." *World Bank Policy Research Working Paper 1303*, Washington D.C.
- Binmore, K., Rubinstein, A., Wolinsky, A. (1986). "The Nash bargaining solution in economic modelling." *Rand J. Econ.*, Vol. 17, pp. 176-188.
- Dinar, S. (2006). "Assessing side-payment and cost-sharing patterns in international water agreements: The geographic and economic connection." *Political Geography*, Vol. 25. pp. 412-437.
- Dinar, Ariel and Aaron T. Wolf (1994). "Middle East Hydropolitics and Equity Measures for Water-Sharing Agreements." *Journal of Social, Political and Economic Studies*, Vol. 19, No. 1, pp. 69-93.
- Dinar, Ariel, and Aaron Wolf (1992). "Incorporating Economic and Political Considerations into Regional Cooperation Models: Evaluating Possible Water Transfer in the Western Middle East." *Presented at a conference on Sharing Scarce Fresh Water Resources in the Mediterranean Basin: An Economic Perspective, Crete.*
- Dufournaud, C.M. (1982). "On the mutually beneficial cooperative scheme: dynamic change in the payoff

matrix of international river basin schemes." *Water Resources Research*, Vol. 18, No. 4, pp. 764-772.

Frisvold, G.B. & M.F. Caswell (2000). "Transboundary Water Management: Game-theoretic Lessons for Projects on the U.S.-Mexico Border." *Agricultural Economics*, Vol. 24, pp. 101-111.

[http://www.sandia.gov/water/docs/MillerSAND2003\\_0800.pdf](http://www.sandia.gov/water/docs/MillerSAND2003_0800.pdf)

Nash (1953). "Two-person cooperative games."

*Econometrica*, Vol. 21, No. 1, pp. 128-140.

Rogers, P. (1969a). "A Game Theory Approach to the Problems of International River Basins." *Water Resources Research*, Vol. 5, pp. 749-760.

Rogers, P. (1969b). "A game theory approach to the problems of international river basins." *Water Resources Research*, Vol. 5, No. 4, pp. 749-760.

(논문번호:07-78/접수:2007.08.24/심사완료:2008.02.14)