

비협력적 어업 관리가 한국 오징어 어획량에 미치는 영향

박 동 규†

†서울대학교(박사후 연구원)

The Effects of Non-cooperative Fisheries Management on South Korea's Squid Catch

Dongkyu PARK†

†Seoul National University(post-doctoral researcher)

Abstract

This study examines the impacts of Chinese fishing and rising sea surface temperatures (SST) on Korea's squid (Japanese flying squid) fisheries using a non-cooperative resource management framework. The analysis incorporates geographic and environmental factors to assess the inter-dependencies between Korean and Chinese fleets and the effects of upstream fishing and SST variability on stock availability. Using annual squid catch data aggregated at national and maritime region levels (East China Sea, Yellow Sea, East Sea) from 1982 to 2019, alongside SST data, a fixed-effects panel regression is employed to control for regional heterogeneity. The results show that Chinese squid catch has a statistically significant negative effect on Korean squid catches, confirming the theoretical expectation that upstream fishing reduces downstream stock availability. However, SST effects are not statistically significant, suggesting a complex interaction between environmental factors and squid migration. The findings underscore the need for cooperative fisheries management, particularly for migratory species like squid. Establishing multilateral agreements could mitigate the adverse impacts of non-cooperative practices and climate change.

Key words : Non-cooperative fishery management, Sea surface temperature, Japanese flying squid

I. 서론

황해와 동중국해는 대한민국(이하: 한국)과 중국이 공유하는 해역으로, 다양한 어종의 중요한 서식지 역할을 한다. 그러나 이 지역은 경쟁적인 어업 행태와 비협력적 어업 관리로 인해 자원 고갈의 위협에 직면해 있으며, 특히 회유성 어종의 자원감소가 두드러진다(Yang et al., 2022). 이에 대응하기 위해 한국과 중국은 어업 협정을 체결했으나(Xue, 2005), 회유성 어종에 대한 효과적인 관리에는 한계가 존재하며, 지속 가능한 관리 체

계의 필요성이 제기되고 있다(Yang et al., 2022; Xue, 2005).

살오징어(Japanese flying squid; 이하: 오징어)는 이 지역의 대표적인 회유성 어종으로, 효과적인 관리가 시급하다. 동중국해에서의 비협력적 어획은 오징어 자원의 구조를 변화시키고 자원 회복력을 저하시킬 뿐만 아니라(Zhang, et al., 2016), 해수면 온도(SST)의 상승과 같은 기후 변화는 산란장 단절, 이동 경로의 변화, 그리고 어획량 감소로 이어지고 있다(Choi et al., 1997; Rosa et al., 2011). 이러한 복합적 요인은 한국 오징어 어업의

† Corresponding author : 02-880-8148, p09241@gmail.com

지속가능성을 위협하고 있다.

이와 같은 문제는 국가 간 협력적 관리를 통해 해결할 수 있으나, 현실적으로 비협력적 행동이 빈번히 나타나며 지속 가능한 자원관리가 어려워지고 있다(Tunca et al., 2019; Hung and Shaw, 2006). 실제로, 북동 대서양 대구 어획 사례에서 비협력적 관리하에서는 과도한 어획이 발생하여 경제적 손실과 자원의 감소가 초래되었으며(Bjørndal and Lindroos, 2012), 멕시코 캘리포니아만의 소규모 어업에서 비협력적 관리가 이루어진 지역에서는 자원의 고갈 위험이 커진 것으로 나타났다(Basurto et al., 2013). 이와 같은 사례는 한반도 주변 해역에서도 비슷한 결과를 초래할 가능성을 시사한다. 특히, 기후 변화로 인한 해양 서식지 변화는 이러한 문제를 더욱 복잡하게 만든다(Tunca et al., 2019). 선행연구들은 협력적 관리 전략이 경제적 이익과 자원 지속가능성 측면에서 비협력적 접근보다 우수한 성과를 보인다는 점을 강조한다(McKelvey, 1997; Munro, 2009).

동중국해에서 적절한 해수면 온도가 유지되어 지속적인 산란장이 형성되고, 쿠로시오 해류와 같은 해양 흐름을 통해 유생이 한국 해역으로 효율적으로 운반된다. 반면, 불리한 조건(오른쪽 패널)에서는 SST 상승으로 산란장이 단절되고, 치어의 생존율이 감소하며, 이동을 방해받아 한국 해역으로의 자원 유입이 감소한다. 이 메커니즘은 산란 및 치어의 이동 경로가 하류 지역의 어획량과 직접적으로 연결되며, 환경적 변동성과 상류(중국)의 어획이 하류(한국) 어획량에 연쇄적인 영향을 미친다는 점을 강조한다. 이론적 모형을 적용하기 위해 몇 가지 주요 가정이 필요하다. 첫 번째, 가정은 중국(n_c)과 한국(n_k)의 어선이 대칭적 행동(symmetric behavior)을 하며, 유사한 선박으로 구성되어 있다는 것이다. 따라서 두 국가의 총어획량 H 는 각 국가의 어선별 어획량 h_i^c (중국) 및 h_j^k (한국)의 합인 식 (1)로 표현할 수 있다.

$$H = \sum_{i=1}^{n_c} h_i^c + \sum_{j=1}^{n_k} h_j^k = H_c + H_k \dots\dots\dots(1)$$

II. 연구 방법

1. 연구 방법

가. 이론적 모형

본 연구는 Hung and Shaw(2006)의 비협력적 어선 규제 모형을 기반으로, 중국의 오징어 어획량과 해수면 온도(SST) 상승이 한국의 오징어 어획량에 미치는 영향을 분석한다. 오징어의 산란과 이동은 환경 조건, 특히 SST에 매우 민감하다. 선행연구에 따르면, SST 조건이 불리할 경우 산란장이 단절되어 치어의 생존율이 감소하고 이동을 방해받아, 결국 하류 지역(한국 또는 일본)의 자원 보충에 심각한 영향을 미친다(Sakurai et al., 2002; Rosa et al., 2011).

[Fig. 1]은 유리한 SST 조건(적정 온도 유지)과 불리한 SST 조건(SST 상승)에서의 가설적 이동 패턴을 보여준다. 유리한 조건(왼쪽 패널)에서는

식 (1)에서 H_c 와 H_k 는 각각 중국과 한국의 총어획량을 나타낸다.

한편, 중국해역의 초기 오징어 자원량 S_c 는 중국의 어획량(H_c)에 영향을 받고, 이는 한국 해역으로 이동하는 오징어 개체수에 부정적인 영향을 미친다. 또한, SST 상승은 해양 서식지를 변화시켜 기존 오징어의 회유 경로를 변경시키면서 한국으로 이동하는 오징어 개체수 감소를 야기한다(Rosa et al., 2011). 따라서, 한국 어선단의 접근 가능한 자원량 S_k 는 중국의 어획량(H_c) 및 SST 변화(T)와 음의 관계를 가지며, 이는 식 (2)로 표현할 수 있다.

$$S_k = S_c - H_c - \beta T \dots\dots\dots(2)$$

여기서 T 는 SST 변화량을 나타내며, β 는 오징

어 이동 경로에 미치는 SST의 영향을 의미한다. 따라서, 식 (2)는 한국이 오징어 어업에 있어서 하류(down-stream)에 위치함으로써 겪는 불리함을 반영한다고 볼 수 있다.

두 번째, 가정은 Hung and Shaw(2006)의 모델과 유사하게, 오징어 어획 비용은 어선 규모가 증가함에 따라 상승하고, 지역 자원량이 증가함에 따라 감소한다는 것이다. 따라서, 중국(C_i^c)과 한국의(C_i^k) 어획 비용은 어선 규모의 확장이 초래하는 혼잡 효과를 반영하며, 이는 식 (3)으로 표현할 수 있다.

$$C_i^c = H_c - \alpha S_c, C_j^k = H_k - \alpha S_k \dots\dots\dots(3)$$

여기서 α 는 자원량 효과 계수로, 자원량이 증가할수록 단위 비용이 감소하는 것을 뜻한다.

세 번째 가정은 시장 조건을 반영하기 위해, 오징어에 대한 수요는 비탄력적이며, 가격 P 는 총 어획량 H 에 선형적으로 반응한다는 것이며, 이는 식 (4)로 나타낼 수 있다.

$$P = a - bH \dots\dots\dots(4)$$

여기서 a 는 폐쇄가격(choke price)을, b 는 수요 함수의 기울기를 나타낸다. 이는 오징어 시장에서의 총어획량(H)에 따라 가격이 변동함을 의미하며, 어선들의 전략적 어획량 결정에 중요한 요인으로 작용한다.

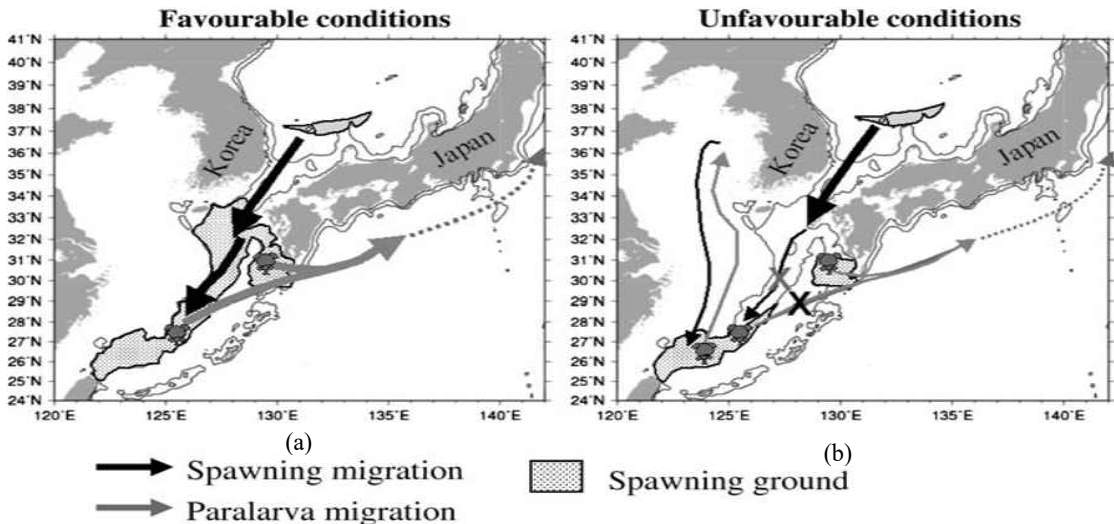
이를 모두 반영하면, 개별 어선의 이윤극대화 함수를 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$\max_{h_j^k \geq 0} \pi_j^k = [P - (H_k - \alpha S_k)]h_j^k \dots\dots\dots(5)$$

식 (4)를 식 (5)에 대입하여 재정리한 식 (6)에 최적의 어획량 조건을 반영하기 위해 π_j^k 를 h_j^k 에 대해 미분하면, 식 (7)을 도출할 수 있다.

$$\pi_j^k = [a - b(H_c + H_k) - (H_k - \alpha S_k)]h_j^k \dots\dots\dots(6)$$

$$\frac{\partial \pi_j^k}{\partial h_j^k} = a - bH_c - (b+1)H_k + \alpha S_k = 0 \dots\dots\dots(7)$$



[Fig. 1] Hypothesized mechanism occurring in years with favourable and unfavourable spawning area distribution pattern.(Adapted from Rosa et al.(2011))

모형에서 대칭적 행동을 가정했기 때문에 ($h_j^k = h_k$ 모든 j 에 대해), $H_k = n_k h_k$ 로 표현할 수 있어 식 (7)을 식 (8)을 재정리할 수 있다.

$$(b + 1)H_k = a + \alpha S_c - bH_c \dots\dots\dots(8)$$

여기에 식 (2)를 대입함으로써, 식 (9)를 도출할 수 있으며, 이를 H_k 에 대해 풀면 한국의 반응 함수를 식 (10)과 같이 표현할 수 있다.

$$(b + 1)H_k = a + \alpha S_c - \alpha \beta T - (b + \alpha)H_c \dots(9)$$

$$H_k = \frac{n_k}{(1+b)(1+n_k)} [a + \alpha(S_c - \beta T) - (b + \alpha)H_c] \dots\dots(10)$$

식 (10)에서 $\frac{n_k}{1+n_k}$ 는 한국의 총어획량에 대한 어선 규모(n_k)의 실질적인 기여도를 나타내며, 어선 규모가 증가함에 따라, 경쟁이 증가하여 개별 어선의 효율성이 감소함을 보여준다. n_k 가 작을 때는 $\frac{n_k}{1+n_k} \approx n_k$ 로, n_k 가 클 때는 1에 근접하면서 추가 어선 투입에 따른 한계 수익 체감 효과를 반영한다.

이렇게 도출된 한국의 총어획량 함수(식 (10))를 H_k 에 대해 편미분하여, 중국의 영향을 식 (11)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial H_k}{\partial H_c} = -\frac{n_k(\alpha + b)}{(1+b)(1+n_k)} < 0 \dots\dots\dots(11)$$

식 (11)에서 $n_k > 0$, $\alpha > 0$, $b \geq 0$ 이기 때문에, $\frac{\partial H_k}{\partial H_c}$ 는 음의 값을 갖는다. 이는 비협력적 어업 관리하에서 중국의 어획량 H_c 증가가 한국의 최적 어획량 H_k 감소로 이어짐을 의미한다.

한편, 식 (2)로부터 한국의 어획량(H_k)이 SST에

의해서도 영향을 받음을 알 수 있다. 식 (11)을 사용하여 SST 변화의 영향을 도출하면 식 (12)와 같다.

$$\frac{\partial H_k}{\partial T} = -\frac{n_k \alpha \beta}{(1+b)(1+n_k)} < 0 \dots\dots\dots(12)$$

여기서, $\beta > 0$ 은 SST의 상승이 오징어 이동에 미치는 영향을 나타내며, $\frac{\partial H_k}{\partial T}$ 는 음의 값을 갖는다. 이는 SST 상승이 한국의 어획량 (H_k)을 감소시킨다는 것을 의미하며, SST 변화는 회유성 어종 관리의 어려움을 심화시킬 수 있다는 것을 보여준다.

나. 자료 및 실증 분석

본 연구는 이론적 모형을 실증하기 위해 Sea Around Us(<https://www.seaaroundus.org/>)에서 제공하는 연간 국가별 어획 데이터를 사용하였다. 이 데이터에서 상업용(industrial)으로 분류된 연승어선(longline)과 저층 트롤(bottom trawl)에 의해 어획된 살오징어(Japanese flying squid) 자료를 추출하였다. 이론적 모형에서는 모델의 단순화를 위해 한국과 중국의 어획량만 고려했으나, 실제로는 일본의 어획량도 한국의 어획량에 영향을 미칠 수 있으므로 분석에 일본의 자료도 포함하였다. 어선별 어획 자료가 더 세부적인 분석을 가능하게 하지만, 해당 자료를 확보할 수 없어 해역별로 집계된 국가별 어획 자료를 대안으로 사용하였다. 따라서, 분석에는 동중국해, 황해, 동해에서의 한국, 중국, 일본의 오징어 어획량 자료를 포함한다. 해역별 SST는 해양기후예측센터(OCPC) (<https://oceanclimate.kr/>)에서 제공하는 자료를 활용하였다. SST 자료가 1982년부터 가능하여, 전체 자료의 시계열 분석 기간은 1982년부터 2019년까지로 설정하였다.

중국의 오징어 어획량은 1990년대 후반까지 꾸준히 증가하다가 이후 급격히 감소했다. 마찬가지로

비협력적 어업 관리가 한국 오징어 어획량에 미치는 영향

지로, 한국의 오징어 어획량도 1990년대 후반까지 증가한 후 2015년 이후에는 크게 줄었다. 이에 반해, 일본의 오징어 어획량은 전체 기간 동안 비교적 안정적인 수준을 유지했다([Fig. 2a] 참조). 한편, 평균 해수면 온도(SST)는 모든 해역에서 일관되게 상승하는 추세를 보였다([Fig. 2b] 참조).

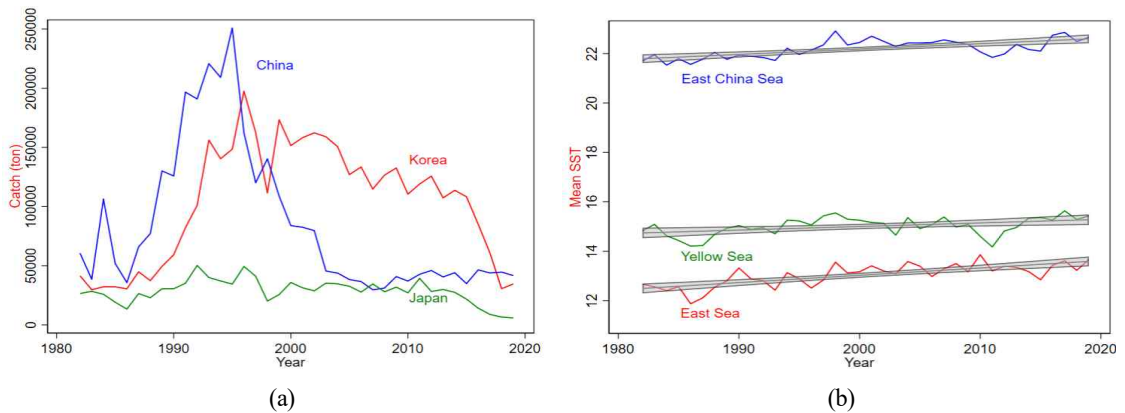
각 해역별 어획량은 국가별로 큰 차이를 보인다([Fig.3] 참조). 동중국해와 황해에서는 중국의 어획량이 가장 많았으며, 동해에서는 한국의 어획량이 가장 많았다. 한편, 일본의 어획량은 동해를 제외한 나머지 해역에서 상당히 적은 수준을 유지하고 있다. 이러한 해역별 이질성과 시간적 변화를 반영하기 위해 패널분석 방법을 사용하였으며, 모형은 식 (13)과 같다.

$$\ln(KOR_{it}) = \beta_0 + \beta_1 \ln(CHN_{it}) + \beta_2 \ln(JPN_{it}) + \beta_3 \ln(SST_{it}) + \gamma_i + \epsilon_{it} \dots\dots(13)$$

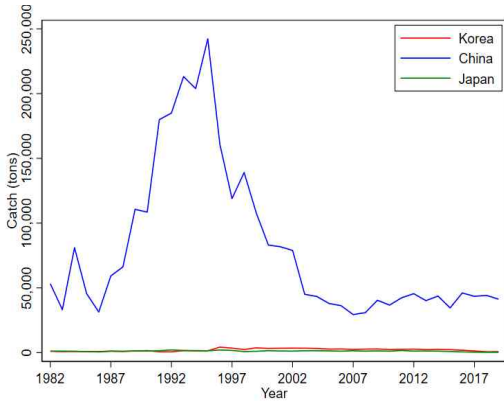
식 (13)에서 KOR_{it} , CHN_{it} , JPN_{it} 는 각각 해역 i 와 연도 t 에서 한국, 중국, 일본의 연간 오징어 어획량(톤 단위)을 나타낸다. SST 는 시간 추세를 제거한 후의 지역 i 와 연도 t 에서의 평균 해수면 온도를 나타내며, ϵ 는 오차항이다. 독립변수의 변화율이 종속 변수에 미치는 변화율을 나타내는 탄력성 개념을 적용하기 위해 시간 추세가 제거된 SST 를 제외한 나머지 변수에 대해 자연로그를 취하였다. 이 분석 모형은 중국과 일본 선단의 어획량과 SST 변동이 하류의 한국 어획량에 미치는 영향을 정량화함으로써 이론적 모형을 실증할 수 있다. 비록 해역의 수가 세 개로 적지만, 해역별 이질성을 반영하기 위해 고정 효과 γ_i 를 모형에 포함하였다.

<Table 1> Summary of statistics.

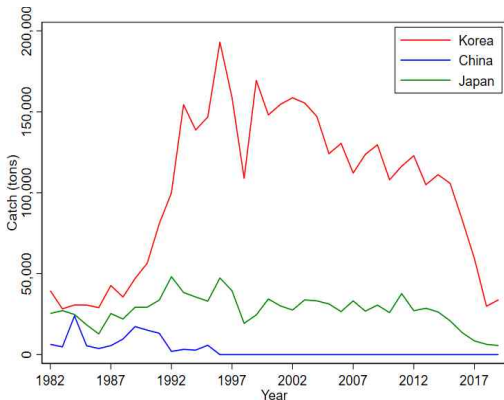
Variables	Unit	Mean	SD	Min	Max	Sample
Korea Catch	ton	34,574	55103.12	28.98	193,073	114
China Catch	ton	28,298.91	50361.08	0	242,296.40	114
Japan Catch	ton	9538.92	13868.97	0	48,150.80	114
SST	°C	16.74	3.97	11.87	22.91	114



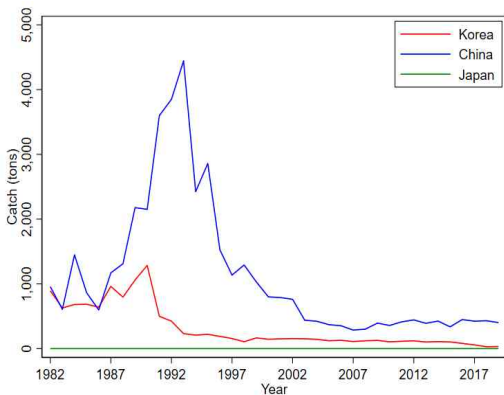
[Fig. 2] The trends in squid catch for each country (a) and SST changes (b) in the fishing grounds. The gray lines in panel (b) represent the first-order time trend with 95% confidence intervals (shading area).



(a)



(b)



(c)

[Fig. 3] The annual trends in squid catch by country in each region: (a) East China Sea, (b) East Sea, and (c) Yellow Sea.

Ⅲ. 연구 결과

본 연구는 분석 모형이 한 국가의 오징어 어획량이 다른 국가의 어획량과 높은 상관관계를 가지는 잠재적인 다중공선성 문제를 내포하고 있음을 확인하였다. 이를 검토하기 위해 각 독립 변수들에 대해 분산 팽창 계수(VIF: Variance Inflation Factor)를 계산하였다(<Table 2> 참조). 분석 결과, 중국의 어획량을 제외한 나머지 변수들에서 잠재적인 다중공선성 문제를 확인하였지만, 평균 VIF 값(9.10)은 주요 임계값(10) 보다 낮아(O'Brien, 2007), 분석 모형의 결과에 대한 신뢰성을 확보할 수 있다고 판단하였다.

<Table 2> The result of multicollinearity test.

Variable	VIF	Tolerance (1/VIF)
Ln China Catch	1.9	0.53
Ln Japan Catch	11.36	0.09
SST	14.04	0.07
Mean VIF	9.1	

또한, 분석 모형으로는 세 개의 해역 간 이질성을 반영하기 위해 고정 효과 모형(Fixed Effect Model)을 고려하였으나, 해역의 수가 적어 매개 변수 추정치의 신뢰도를 하락시킬 수 있는 잠재적 문제가 있음을 확인하였다. 고정 효과 모형의 적합성을 판단하기 위해 Hausman 검정을 실시하여 임의 효과 모형(Random Effect Model)과 비교한 결과, 검정 통계량($\chi^2 = 19.05, p < 0.01$)이 임의 효과 모형이 일관성을 가진다는 귀무가설을 기각하였다(<Table 3> 참조). 이는 관찰되지 않은 해역의 이질성을 적절히 통제하면서 해역별 효과에 초점을 맞춘 고정 효과 모형 접근법이 적합하다는 것을 뒷받침한다.

<Table 4>는 중국과 일본의 오징어 어획량 및 SST가 한국의 오징어 어획량에 미치는 영향을 다양한 모형을 사용하여 분석한 결과를 보여준다. 기본 분석 모형은 모든 변수와 고정 효과를

비협력적 어업 관리가 한국 오징어 어획량에 미치는 영향

포함하며, 해역 수준에서의 군집 오차(clustered standard errors)를 적용하였다(<Table 4>의 (7) 참조). 분석 결과, 중국의 어획량 계수는 대부분의 모형에서 일관되게 음의 값을 보였으며, 통계적으로 유의하였다(<Table 4>의 (4) ~ (7) 참조). 이는 중국의 어획이 한국의 자원 가용성을 감소시켜 한국의 오징어 어획량에 부정적인 영향을 미친다는 이론적 모형의 결과와 일치한다. 특히, 고정 효과를 제외한 모형에서는 중국의 어획량 계수가 더 크게 나타났지만, 여전히 음수이며 통계적으로 유의하였다(<Table 4>의 (6) 참조). 또한, <Table 2>에서 언급한 다중공선성 문제를 해결하기 위해 SST를 제외하고 고정 효과의 포함 여부에 따라 모형을 구성하였다. 이 경우에도 중국의 어획량 계수는 일관되게 음의 값을 보였으며, 통

계적으로 유의하였다. 이러한 결과는 중국과 한국의 오징어 어획량 간에 부정적인 관계가 있음을 시사한다(<Table 4>의 (4)와 (5) 참조).

반면, SST 계수는 모든 모형에서 통계적으로 유의하지 않았다. 이는 SST가 한국의 오징어 어획량에 미치는 영향을 본 연구의 분석 모형으로 입증하기에는 한계가 있을 수 있음을 의미하며, 보다 복잡한 분석 모형이나 세부적인 자료가 필요할 수 있음을 시사한다.

그러나 본 연구의 분석 결과는 이론적 모형의 가설을 뒷받침하는 실증적 증거를 제공하며, 국가 간 비협력적 어업 관리의 부정적인 영향을 해결하기 위해 협력적 관리 전략의 필요성을 강조한다.

<Table 3> The result of the Hausman test.

Variables	FE coefficient (a)	RE coefficient (b)	Diff. (a-b)	Std. Error
Ln China Catch	-0.024	-0.108	0.084	0.019
Ln Japan Catch	0.812	0.944	-0.132	0.03
SST	0.815	-0.005	0.82	0.188
Chi-squared (χ^2)	19.05			
Degrees of Freedom	3			
P-value	0.000			

<Table 4> The effect of each country's catch on Korea's squid catch.

	Dependent Variable: Ln Korea Catch						
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Ln China Catch	0.062 (0.082)	-	-	-0.109*** (0.042)	-0.077*** (0.000)	-0.108*** (0.030)	-0.024** (0.001)
Ln Japan Catch	-	0.643 (0.132)	-	0.956*** (0.083)	0.748 (0.241)	0.943*** (0.174)	0.812** (0.048)
SST	-	-	0.035 (0.622)	-	-	-0.005 (0.037)	0.814 (0.289)
Fixed Effect	O	O	O	X	O	X	O
Observations	93	76	114	55	55	55	55
R ²	0.023	0.919	0.116	0.914	0.913	0.914	0.765

Note: **, and *** represent the 5%, and 1% significance levels, respectively. Standard errors are shown in parentheses and are clustered at the maritime regional level.

IV. 결 론

본 연구는 비협력적 자원 관리에 관한 이론적 모형을 한국과 중국 간 경쟁적인 오징어 어업에 적용하였으며, 해수면 온도(SST)와 같은 환경적 요인이 어획량 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 특히, 기후 변화가 해양 자원의 분포와 국가 간 어업 경쟁에 미치는 영향을 조명함으로써, 오징어와 같은 회유성 어종을 대상으로 한 협력적 어업 관리의 필요성을 강조하였다. 자원 배분과 보존을 목표로 하는 다자간 어업 협정의 수립은 비협력적 어업 관행에서 발생하는 문제를 해결하는 데 중요한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

그러나 본 연구는 몇 가지 한계를 가지고 있으며, 이를 보완하기 위한 후속 연구의 필요성도 존재한다.

첫째, 본 연구는 국가 및 해역별로 집계된 어획 데이터를 기반으로 분석을 수행하였으나, 이는 개별 어업 활동의 복잡성을 완벽히 반영하지 못한다는 한계를 가진다. 본 연구에서 사용한 데이터는 어획 활동의 공간적, 시간적 이질성을 충분히 포착하지 못하며, 어업 장비 유형이나 어획 깊이와 같은 중요한 요인들을 반영할 수 없다. 따라서 데이터의 세부 정보가 부족한 점은 본 연구의 중요한 한계로 작용한다. 향후 연구에서는 어선별 데이터나 해역 격자 단위의 세부 데이터를 활용하여 어업 활동의 특성을 더 구체적으로 반영하고, 어획량에 영향을 미치는 다양한 요인을 포함하는 분석이 필요하다. 둘째, 본 연구는 SST와 오징어 어획량 간의 관계를 선형적 접근으로 분석하였으나, 이는 두 변수 간의 비선형적 관계나 복잡한 상호작용을 충분히 반영하지 못한다. 또한, SST의 계절적 및 지역적 변동성이 어획량에 미치는 영향을 고려하지 못한 점도 한계로 지적된다. SST와 어획량 간의 관계는 단순히 온도의 변화만으로 설명하기 어려운 복잡한 메커니즘을 포함하고 있다. 이를 보완하기 위해 향후

연구에서는 비선형 모델이나 기계학습 기반 분석 기법을 통해 SST와 어획량 간의 관계를 재평가하고, 지역적·계절적 SST 변동성을 반영한 세부적인 분석이 필요하다. 더불어 오징어의 생태적 적응성과 산란 주기를 고려한 연구를 추가하여 해양 환경 변화가 오징어 어업에 미치는 영향을 보다 정교하게 이해할 필요가 있다. 셋째, 본 연구는 1982년부터 2019년까지의 자료를 활용하여 최신 데이터를 포함하지 못한 한계가 있다. 이는 Sea Around Us에서 제공하고 있는 시계열이 2019년까지이기 때문이다. 특히, 2019년 이후의 데이터는 COVID-19 팬데믹의 영향으로 인해 어업 활동과 자원 분포에 비정상적 변화를 초래했을 가능성이 높다. 이를 분석하기 위해서는 별도의 추가적인 데이터 확보 및 분석이 필요하다.

이러한 한계에도 불구하고, 본 연구는 한반도 주변 해역에서의 비협력적 어업 관리와 자원감소 간의 관계를 조명하며, 다음과 같은 정책적 대안을 제안함으로써 협력적 관리의 중요성을 강조하고자 한다. 첫째, 자원관리를 위해 각국이 협력하여 어획량 할당제와 데이터 공유 시스템을 포함하는 다자간 협정을 수립해야 한다. 둘째, 데이터 투명성을 높이기 위해 정기적인 데이터 공유 플랫폼을 구축하고, SST와 어획량 간의 상호작용을 이해하기 위한 국제 공동 연구를 활성화해야 한다. 셋째, 회유성 어종에 대해 각국이 특정 해역을 공동 관리 구역으로 지정하고, 어획 금지 구역 및 회복 구역을 도입하여 자원의 지속가능성을 강화해야 한다.

본 연구는 한국과 중국 간의 경쟁적인 어업 행태를 가정하여 진행되었으나, 연구 결과는 국가 간 어업 경쟁과 자원 관리에 대한 일반적인 통찰을 제공한다. 특히, 회유성 어종의 지속 가능한 관리를 위해서는 국제적 협력 체계가 필수적임을 시사하며, 이는 다른 글로벌 어업 지역에서도 동일하게 적용될 수 있다. 주요 어업 지역 간의 비교 연구는 비협력적 어업 관행과 기후 변화라는 공통된 문제를 해결하기 위한 협력적 자원 관리

전략을 수립하는 데 중요한 토대를 제공할 것이다. 나아가, 본 연구에서 제안한 정책적 대안은 다양한 지역적 맥락에 맞게 조정되어 국제적 협력의 구체적인 모델로 발전할 수 있을 것이다.

References

- Basurto X, Bennett A, Weaver AH, Dyck SR, and Aceves-Bueno JS(2013). Cooperative and noncooperative strategies for small-scale fisheries' self-governance in the globalization era: implications for conservation. *Ecology and Society*, 18(4).
<http://dx.doi.org/10.5751/ES-05673-180438>
- Bjørndal T and Lindroos M(2012). Cooperative and non-cooperative management of the Northeast Atlantic cod fishery. *Journal of Bioeconomics*, 14, 41~60.
<https://doi.org/10.1007/s10818-011-9106-0>
- Choi KH, Hwang SD and Kim JI(1997). Fishing conditions of common squid (*Todarodes pacificus* Steenstrup) in Korean waters I. Spatio-temporal distribution of common squid related to the changes in oceanographic conditions. *Korean Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 30, 513~522.
- Hung C and Shaw D(2006). The impact of upstream catch and global warming on the grey mullet fishery in Taiwan: A non-cooperative game analysis. *Marine Resource Economics*, 21(3), 285~300.
<https://doi.org/10.1086/mre.21.3.42629512>
- Kim JG and Kim JG(2023). Changes in climate factors and catches of fisheries in the Republic of Korea over the three decades. *Water*, 15(10), 1952.
<https://doi.org/10.3390/w15101952>
- McKelvey R(1997). Game Theoretic Insights into the International Management of Fisheries. *Natural Resource Modeling*, 10(2), 129~171.
<https://doi.org/10.1111/j.1939-7445.1997.tb00104.x>
- Munro GR(2009). Game theory and the development of resource management policy: the case of international fisheries. *Environment and Development Economics*, 14(1), 7~27.
<https://doi.org/10.1017/S1355770X08004671>
- O'Brien RM(2007). A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality and Quantity*, 41, 673~690.
<https://doi.org/10.1007/s11135-006-9018-6>
- Rosa AL, Yamamoto J and Sakurai Y(2011). Effects of environmental variability on the spawning areas, catch, and recruitment of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae), from the 1970s to the 2000s. *ICES Journal of Marine Science*, 68(6), 1114~1121.
<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsr037>
- Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh SI, Yamamoto J, Goto T, Mori K and Kinoshita T(2002). Stock fluctuations of the Japanese common squid, *Todarodes pacificus*, related to recent climate changes. *Fisheries science*, 68(sup1), 226~229.
https://doi.org/10.2331/fishsci.68.sup1_226
- Tunca S, Lindegren M, Ravn-Jonsen L and Lindroos M(2019). Cooperative fisheries outperform non-cooperative ones in the Baltic Sea under different climate scenarios. *Frontiers in Marine Science*, 6, 622.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00622>
- Xue G(2005). Bilateral fisheries agreements for the cooperative management of the shared resources of the China seas: A note. *Ocean Development & International Law*, 36(4), 363~374.
<https://doi.org/10.1080/00908320500308767>
- Yang HJ, Peng D, Liu H, Mu Y and Kim DH(2022). Towards sustainable development of fisheries in the Yellow and East China Seas shared by South Korea and China. *Sustainability*, 14(20), 13537.
<https://doi.org/10.3390/su142013537>
- Zhang S, Jin S, Zhang H, Fan W, Tang F and Yang, S(2016). Distribution of bottom trawling effort in the Yellow Sea and East China Sea. *PloS one*, 11(11), e0166640.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0166640>

-
- Received : 06 January, 2025
 - Revised : 31 January, 2025
 - Accepted : 06 February, 2025