

국내 해역에서의 익수자 저체온증 및 생존시간 예측

최용석 · 임태우[†]

국립한국해양대학교(교수)

Prediction of Hypothermia and Survival Time for Immersed Victims in Korean Waters

Yong-Seok CHOI · Tae-Woo LIM[†]

Korea Maritime & Ocean University(professor)

Abstract

Predicting the survival time of immersed victims is essential for allocating rescue personnel and resources. In this study, various models and correlation equations were employed to predict the survival time of immersed victims, with analyses conducted to reflect the characteristics of Korean waters. Using a physiological response model to predict core temperature, hypothermia and survival time, the survival time for a fat body type was predicted to be approximately four times longer than that for a lean body type. In addition, results based on statistically derived correlation equations indicated an approximately sixfold difference in survival time depending on whether a personal flotation device (PFD) was worn. The water temperature also varied considerably by area and season across Korean waters, leading to correspondingly different predicted survival times. Therefore, rescue manuals should be established to reflect the specific conditions of each sea area.

Key words : Survival time, Immersed victim, Hypothermia, Personal flotation device (PFD), Rescue

I. 서론

해상에서의 익수 사고는 주로 낚시활동 중 실족, 선박전복 및 침몰, 여름철 물놀이 등에 의해서 발생하며, 이 중 물놀이에 의한 사망사고는 주로 안전 부주의 및 수영 미숙에 의해서 발생한다(Jho et al., 2025). 반면에 선박 사고로 인한 익수 사고는 구명조끼를 착용하였을 경우, 수영 미숙보다는 저체온증에 의한 사망사고로 이어질 가능성이 높다(Kim et al., 2016). 따라서 저체온증에 의한 사망과 더 나아가서 포괄적인 생존시간을 예측하는 것은 익수자를 구조하기 위해 투입되는 구조인력과 수색자원을 배분하는 데 중요한

근거가 된다(Tipton et al., 2022; Jeong et al., 2023).

저체온증을 예측하기 위해서는 다양한 생체반응과 이를 모사하기 위한 모델링 기법을 기반으로 이루어진다. 인간은 항온동물로서 한정된 범위 내에서는 스스로 체온을 조절할 수 있는 능력이 있다. 고온 환경에서는 땀을 흘림으로써 증발 잠열을 통해서 체온을 감소시키며, 저온 환경에서는 혈관 수축을 통해서 혈류를 재분배함으로써 열손실을 최소화하는 동시에 떨림(shivering)을 통해서 체내 열을 발생시킴으로써 체온을 증가시킨다(Xu and Giesbrecht, 2018).

저체온증의 메커니즘을 분석하기 위해서

[†] Corresponding author: 051-410-4256, kyunlim@kmou.ac.kr

Tikuisis(1995)는 인체를 단일 원통 다층구조로 가정하여 모델링하였으며, 원통은 심부 즉, 코어, 피하지방, 피부 조직으로 이루어진 형태로 가정하였다. 그리고 정상상태 열평형식과 열전달 방정식을 기반으로 하는 생체 열전달 모델을 개발하였다.

Wissler(2003)는 익수자의 저체온증으로 인한 생존 확률을 심부 온도와 수온에 관한 함수로서 시간에 따른 미분방정식 형태의 생존 확률 함수를 제안하였다. 결과는 U.S. NAVY의 2차 세계대전 데이터와 비교하였으며, 잘 일치하는 것을 확인하였다.

통계 데이터를 활용하여 익수자 생존시간을 예측하기 위해서 Xu and Giesbrecht(2018)는 U.S. NAVY의 2차 세계대전 데이터와 추가로 12건의 익수 사고 데이터를 보완한 데이터셋을 구성하였다. 12건의 추가 익수 사고에는 22명의 생존자와 21명의 사망자가 포함된 데이터이며, 수온, 익수 시간, 착용 의복, 체중, 키 등의 구체적인 정보가 포함되어 있다. 확장된 데이터셋을 적용하여 새로운 생존시간을 예측하는 상관식을 제안하였다.

Tipton et al.(2022)은 생존시간을 결정짓는 주요 변수로 수온뿐만 아니라, 해역, 의복, 구명조끼와 같은 부력장치의 사용 그리고 익수자 나이를 분석하였다. 기존의 익수자 생존시간 예측에 사용되었던 상관식들은 주로 수온만을 독립변수로 취급하는데 반해서 Tipton et al.(2022)은 수온뿐만 아니라 주요 변수로 설정한 의복, 부력장치, 수역 그리고 나이의 영향을 고려하는 상관식을 제안하였다.

본 연구에서는 다양한 모델과 상관식을 이용하여, 국내 해역의 월별 수온 통계자료를 기반으로 익수자의 저체온증과 생존시간을 예측하고 분석하고자 한다. 이를 통해서 현장에서 직관적이고, 빠르게 적용 가능한 연구 결과를 도출함으로써, 인명 구조 활동에 기여하고자 한다. 또한 기존에는 기상특보 발효 시 혹은 어선에 승선하는 사람이 2인 이하일 경우 구명조끼 착용이 의무였지

만, 어선안전조업 및 어선원의 안전·보건 증진 등에 관한 법률 개정에 따라 2026년 7월 1일부터 기상특보와 승선인원과는 무관하게 구명조끼 착용이 의무화 된다(Republic of Korea, 2025). 본 연구결과를 통해서 해당 정책의 중요성과 과학적 근거를 제시하고자 한다.

II. 저체온증 및 생존시간 예측방법

1. 신체반응 모델링

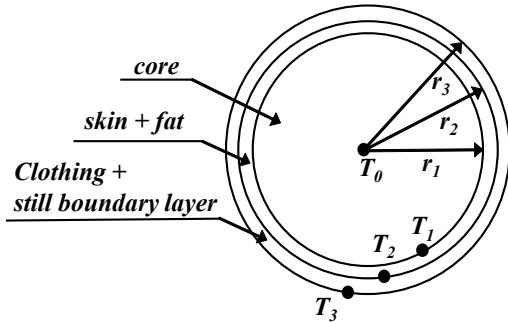
익수자는 차가운 해수 온도에 의해 심부 온도가 감소함에 따라 저체온증에 직면하게 된다. 저체온증은 심부 온도에 따라서 경증, 중등도 그리고 중증으로 구분되며, 경증에서는 기억상실, 구음장애, 판단력 저하가 발생하며, 신체능력이 악화된다. 중등도에서는 떨림에 의한 대사율이 감소하다가 멈추고, 의식이 점진적으로 악화되어 결국 의식소실에 이르게 된다. 중증에서는 외부의 개입에 의한 조치가 없다면 사망 직전에 이르게 된다. 중등도에서 중증 저체온증 환자는 자력 구조가 거의 불가능하다(Xu and Tikuisis, 2014). 심부 온도에 따른 저체온증 단계와 증상은 <Table 1>에 정리하였다.

<Table 1> Classification of hypothermia stages and associated symptoms based on core temperature

Stage	Core temperature	Signs
Mild	32℃~35℃	Amnesia, dysarthria, Poor judgment, Deterioration of physical performance
Moderate	28℃~32℃	Decreased shivering metabolic rate (eventually stopping), Progressive deterioration and loss of consciousness
Severe	< 28℃	Imminent possibility of death

심부 온도를 예측하기 위해서 Tikuisis(1995)는 [Fig. 1]과 같이 인체를 원통형으로 가정하고, 내

부 온도 T_0 즉, 심부 온도를 예측하기 위해서 피하지방과 피부층 그리고 외부영역인 옷과 정지 경계층으로 구분하고 정상상태 열전달 현상으로 단순화하였다. 정상상태 열손실, Q 는 다음 식과 같이 계산된다.



[Fig. 1] Schematic of the concentric-cylinder human-body model used for core-temperature prediction.

$$Q = \frac{T_0 - T_3}{R_{eff}} \dots\dots\dots (1)$$

여기서 T_0 와 T_3 는 각각 심부 온도와 외부 온도를 나타내며, 유효 열저항, R_{eff} 는 다음 식과 같이 정리된다.

$$R_{eff} = \frac{r_3}{2k_{core}} + \frac{r_3}{k_{fs}} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{r_3}{k_{ins}} \ln \frac{r_3}{r_2} \dots\dots\dots (2)$$

k 는 열전도도를 의미하며, $core, fs, ins$ 는 각각 심부, 지방과 피부 그리고 외부 단열층을 의미한다. 원통 모형을 인체 몸통과 근사하기 위해서 다음과 같이 보정계수 α 를 사용하여 일정 배율로 증가시켰다. Tikuisis(1995)는 실제 생존 데이터의 값과 보정 과정을 거쳐 $\alpha = 0.5$ 로 결정하였으며, 본 연구에서도 동일하게 적용하였다.

$$r_2 = (1 + \alpha) \left(\frac{2wt}{\rho A_D} \right) \dots\dots\dots (3)$$

<Table 2> Anthropometric characteristics of the three body-type profiles of Korean men used in the simulation

Body type	Height (m)	Weight (kg)	BMI	Body fat (%)
Lean	1.72	59.2	20.0	16.0
Standard	1.72	71.0	24.0	22.0
Fat	1.72	82.8	28.0	28.0

여기서 wt, ρ, A_D 는 각각 체중, 밀도 그리고 신체 표면적을 의미한다. 본 연구에서는 한국인의 체형에 맞추어 <Table 2>와 같이 마른 체형, 평균 체형, 비만 체형으로 키, 몸무게, 체지방률을 설정하였다.

심부 온도가 감소하면 떨림에 의해서 열발생이 시작된다. 떨림에 의한 열생성은 심부 온도가 감소할수록 증가하지만, 일정 수준에서 더 이상 증가하지 않고 유지된다. 식(4)에 의한 열생성은 낮은 피부 온도 조건에서는 비현실적으로 높은 값까지 증가하므로 이를 방지하기 위해서 상한을 둘 필요가 있으며, 떨림에 의한 최대 열생성은 Tikuisis(1995) 모델에 따라 200 W/m^2 으로 설정하였다.

떨림에 의한 열생성, M_{shiv} 은 Tikuisis et al.(1988)에 의해 다음과 같이 모델링되었다.

$$M_{shiv} = [6.4(32 - T_2)^2 + 75.8(32 - T_2) \cdot \dots\dots\dots (4) \\ (37 - T_0)] / (bf \cdot A_D)$$

여기서 bf 는 체지방률을 의미한다.

그리고 떨림은 심부 온도 32°C 이하에서는 점차 감소하는데, 이것을 모사하기 위해서 쌍곡선 함수를 사용하여 다음과 같이 계산된다.

$$M_{shiv, 32} = M_{shiv} \times \text{sech}[2(T_0 - 32)^{1.4}] \dots\dots\dots (5)$$

떨림에 의한 열발생은 무한정 지속될 수 없다. 글리코겐 고갈 및 체력 저하 등으로 떨림은 감소

하게 된다. 떨림 지속시간, t_{end} 는 다음과 같이 계산된다.

$$t_{end} = \frac{18}{L_r} \exp(-4.0L_r) \dots\dots\dots (6)$$

여기서 L_r 은 $M_{shiv}/M_{shiv,max}$ 를 의미한다.

2. 통계적 기법

통계적 기법은 익수자의 생존 여부 등의 통계 데이터를 기반으로 생존시간을 예측하는 방법이다. Xu and Giesbrecht(2018)는 식 (7)과 같이 수온 T_w 의 함수로서 생존시간 ST 를 예측하였다.

$$ST = 0.0547 T_w^2 + 0.5048 T_w + 1.3604 \dots\dots\dots (7)$$

미국 해안경비대(U.S. Coast Guard, USCG)의 연구센터(Research and Development, R&DC)는 극단적인 생존사례를 기반으로 관측된 최대 익수자 수색 시간(Maximum Observed Immersed Search Time, MOIST)을 수온의 함수로서 식 (8)과 같이 도출하였다(USCG R&DC, 2009).

$$MOIST = 5.75 \exp(0.1 \times T_w) \dots\dots\dots (8)$$

Tipton et al.(2022)은 의복, 부력장치, 해역 그리고 나이를 모두 고려하는 상관식을 식 (9)와 같이 제안하였다.

$$ST = 14.0 \exp(0 \times x_1 + 0.36 \times x_2 - 2.26 \times x_3 \dots\dots (9) \\ + 0 \times y_1 + 1.78 \times y_2 + 0 \times z_1 + 0.3 \times z_2 + 0.41 \\ \times z_3 + 0.15 \times z_4 - 0.02 \times age + 0.09 \times T_w)$$

여기서 x 는 의복, y 는 부력장치 유무, z 는 해역 그리고 age 는 나이를 의미하며, x, y, z 는 더미 변수이다. 만약 부력장치를 착용하고 있을 경우, y 는 이진 더미변수로 반영되어 $y_1 = 0, y_2 = 1$ 이 되어, 각 변수에 곱해지는 계수의 크기에 따라 생존시간에 미치는 영향을 나타낸다. 각 변수의

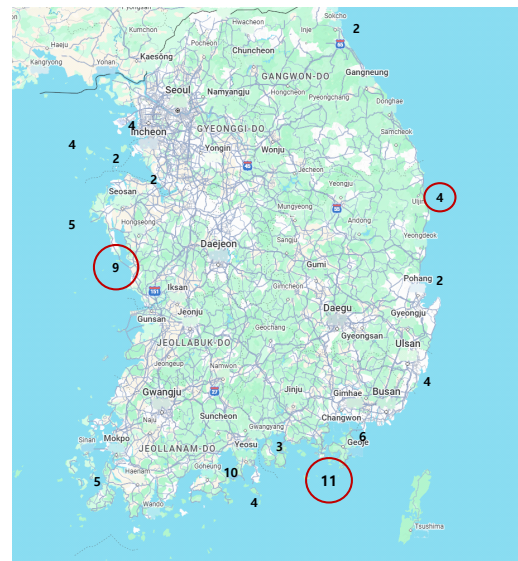
의미는 <Table 3>과 같이 정리하였다.

<Table 3> Variables and parameter values used in the survival-time correlation of Tipton et al.(2022)

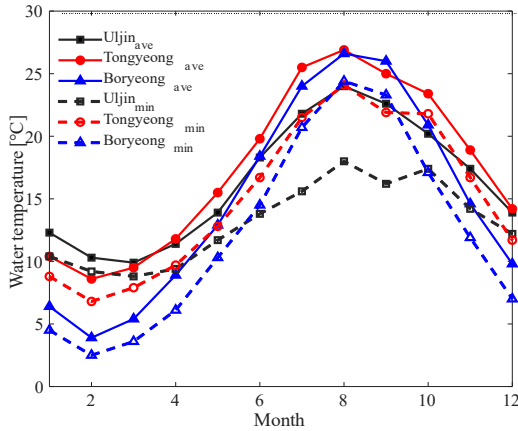
Parameter	Value
Clothing	x_1 Wet suit
	x_2 Dry suit
	x_3 Other
Personal flotation device	y_1 No PFD
	y_2 PFD worn
Water area	z_1 Inland
	z_2 Coastal
	z_3 Inshore
	z_4 Offshore

3. 국내 해역 정보

선박 사고에 대한 데이터는 [Fig. 2]와 같이 한국해양교통안전공단의 MTIS 해양교통안전정보시스템(KOMSA, 2026)의 자료를 참고하였다.



[Fig. 2] Representative maritime-accident locations in the East, South, and West Seas of Korea (KOMSA MTIS, 2021-2025).



[Fig. 3] Monthly mean and minimum water temperatures at the three representative sites in 2025.

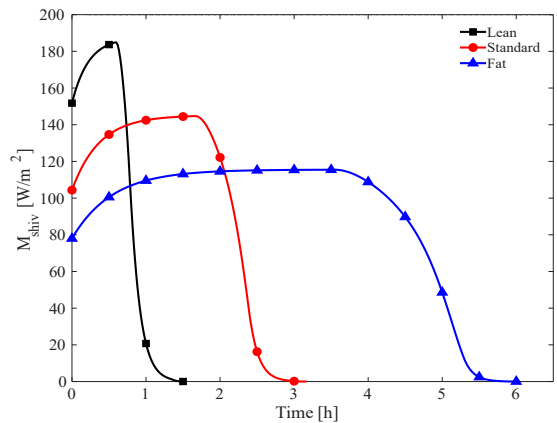
최근 5년간(2021년~2025년) 발생한 전복, 침몰, 좌초 그리고 침수에 해당하는 사례를 선별하였으며, 동해, 남해 그리고 서해에서 사고가 많은 지역은 울진-영덕 일대, 통영 육지도 부근(두미도), 보령삼지도 부근으로 나타났다. 그리고 그 지역을 각 해역에서의 대포깎으로 설정하였다. 각 지역의 수온 정보는 국립수산물학원의 실시간 해양수산환경 관측시스템 자료(NIFS, 2026)를 활용하였으며, 2025년 1년간 데이터의 월별 평균은 [Fig. 3]에 나타내었다.

울진의 경우 다른 지역에 비해서 겨울철과 여름철의 편차가 상대적으로 작게 나타났다. 3월에 가장 수온이 낮게 나타났으며 평균수온과 최저수온은 각각 9.9℃와 8.8℃이며, 가장 높은 수온은 8월에 평균수온과 최저수온 각각 24.0℃와 18.0℃로 나타났다. 해당 지역 중 가장 낮은 수온은 2월에 보령에서 나타났다. 평균수온과 최저수온은 각각 3.9℃와 2.5℃이다. 인명 구조 활동의 보수성을 감안하여, 지역별, 월별 최저 수온을 기준으로 시뮬레이션을 수행하였다. 즉, 최악의 수온 조건에서 예측되는 생존시간을 제시함으로써 구조 판단의 보수적인 기준을 제공할 수 있다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 신체 반응 모델링을 통한 저체온증 예측

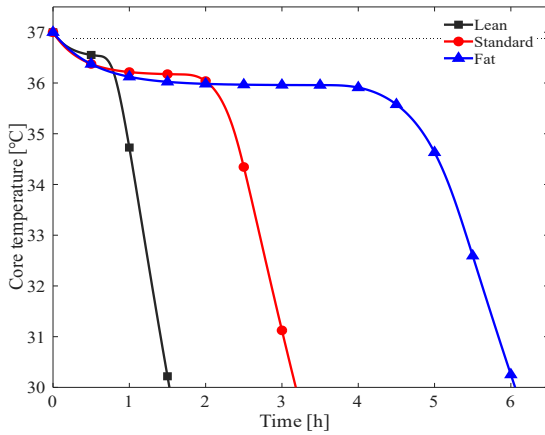
[Fig. 4]는 식 (4)~(6)에 의해 계산된 5℃에서의 체형별 떨림에 의한 열생성을 나타낸 것이다. 마른 체형, 평균 체형, 비만 체형 순으로 최대 떨림 열생성이 높게 나타났으며, 떨림 지속시간은 반대로 나타났다. 즉, 비만 체형에서는 상대적으로 낮은 떨림 열생성으로 마른 체형에 비해서 장시간 떨림을 지속할 수 있다.



[Fig. 4] Predicted shivering metabolic rate over immersion time for the lean, standard, and fat body types at a water temperature of 5°C.

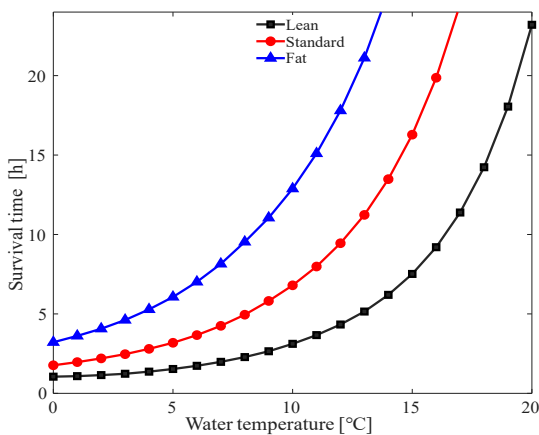
[Fig. 5]는 5℃에서의 체형별 심부 온도 변화를 나타낸 것이다. 마른 체형에서는 익수 후 30~40분부터 급격하게 심부 온도가 감소하는 것을 볼 수 있다. 마른 체형에서는 체지방의 단열효과가 충분하지 못하므로 열손실 측면에서 불리하다. 반면에 비만 체형에서는 1~4시간동안 체온이 36℃ 정도에서 거의 일정하게 유지되고 있음을 알 수 있다. 이것은 떨림에 의한 열생성과 피하지방에 의한 단열효과로 체온이 유지되고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 떨림 지속시간 한계로 인해 4시간 이후 급격하게 체온이 감소하여 약 6시간 후 심부 온도가 30℃까지 감소하며, 이때를

저체온증에 의한 사망 시점으로 가정할 수 있다.



[Fig. 5] Predicted core-temperature change with immersion time for the lean, standard, and fat body types at a water temperature of 5°C.

[Fig. 6]은 각 체형별 수온에 따른 생존시간을 나타낸 것으로 심부 온도가 30°C에 이르면 사망하는 것으로 가정하였다. 앞서 살펴본 것과 같이 5°C에서는 마른 체형, 평균 체형 그리고 비만 체형에서는 각각 1.5, 3.2 그리고 6.1시간 생존 가능한 것으로 나타났다. 그리고 10 °C이상의 수온에서는 각각 3.1, 6.8, 12.9시간으로 나타났다. 수온



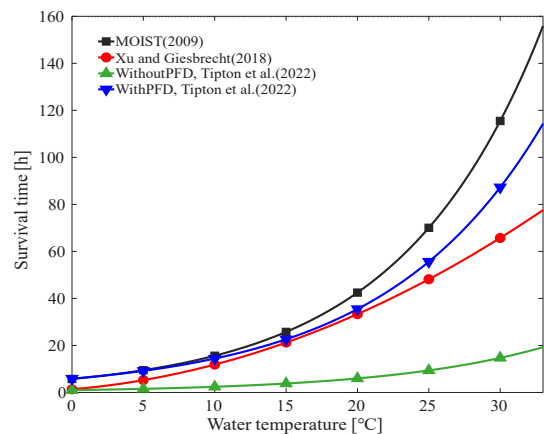
[Fig. 6] Predicted survival time as a function of water temperature for the lean, standard, and fat body types.

의 증가에 따라서 생존시간은 급격하게 증가하며, 저체온증으로 인한 사망확률이 감소한다. 따라서 수온이 증가할수록 다른 요인에 의한 사망확률이 증가한다고 볼 수 있으므로, 10°C 이상의 온도에서는 생체반응 모델링에 의한 예측 정확도는 낮아진다고 판단된다.

2. 통계적 기법을 통한 생존시간 예측

[Fig. 7]은 수온 변화에 따른 통계적 상관식에 의한 생존시간을 나타낸 것이다. Tipton et al. (2022)의 상관식은 기타 의복, 근해, 40세 조건으로 구명조끼 착용 여부에 따른 차이를 나타내었다. MOIST는 생존자 통계에 의한 최대 생존시간을 나타낸 것으로서 가장 생존시간을 길게 예측하였다. 반면에 구명조끼를 착용하지 않은 경우 생존시간은 현저하게 짧게 예측되었다. Xu and Giesbrecht(2018)의 상관식은 20°C 이하에서는 비교적 MOIST와 Tipton et al.(2022)의 상관식과 유사한 경향을 보이지만 20°C 이상에서 수온 증가에 따라서 다른 상관식들이 기하급수적으로 증가하는 것과는 다르게 거의 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 있다.

구명조끼 착용 여부에 따라서 5°C 수온에서는 각각 1.6, 9.2시간, 25°C 수온에서는 각각 9.4,



[Fig. 7] Survival time versus water temperature predicted by the statistical correlations.

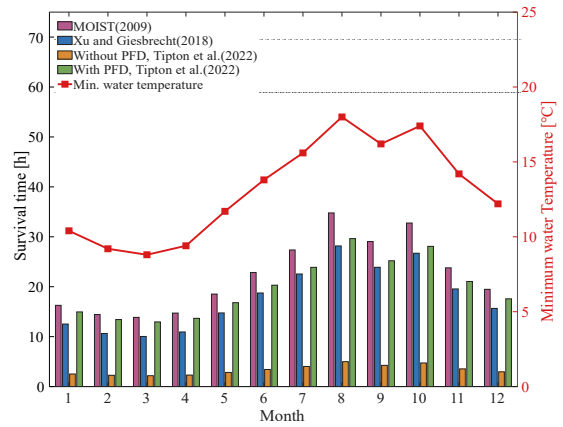
55.6시간으로 약 6배 차이가 발생하였다. 실제 익수 상황을 가정하더라도 구명조끼를 착용하지 않은 경우, 수온이 증가할수록 저체온에 의한 사망 확률은 감소하지만, 수영미숙 및 체력저하 등의 원인으로 오랜 시간 수중에서 떠 있는 것은 쉽지 않다. 하지만 구명조끼를 착용하여 충분한 부력을 유지한다면 수중에 떠 있기 위해 추가적인 에너지를 투입할 필요가 없으므로, 수온이 증가할수록 저체온증에 의한 사망확률은 감소하고 따라서 생존시간 또한 급격하게 증가한다고 볼 수 있다.

3. 국내 해역 기반의 생존시간 예측

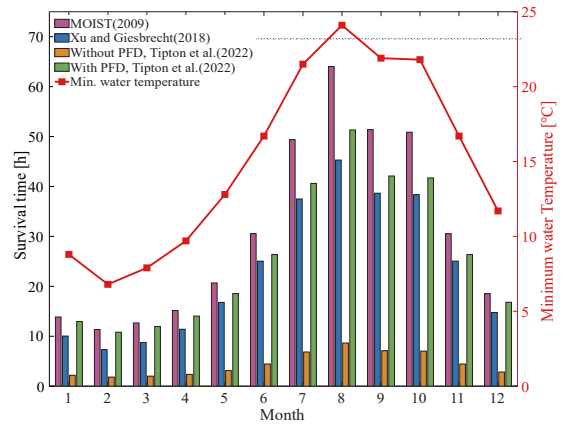
[Fig. 8]은 동해(울진), 남해(통영) 그리고 서해(보령)의 월별 최저 수온에 따른 각 예측 상관식에 의한 생존시간을 나타낸 것이다. 앞서 기술한 것과 같이 전체적으로 MOIST(2009)가 가장 생존시간을 길게 예측하였으며, 구명조끼를 착용한 경우의 Tipton et al.(2022)의 상관식과 Xu and Giesbrecht(2018)의 상관식이 거의 유사하게 결과를 예측하였다. 그리고 역시 구명조끼를 착용하지 않은 경우의 Tipton et al.(2022)이 가장 짧은 생존시간을 예측하였다.

(a)는 동해(울진)에서의 결과를 나타낸 것으로 다른 해역에 비해서 월별 최저 수온차가 상대적으로 적다. 수온이 8.8℃로 가장 낮은 3월의 경우 구명조끼를 착용하지 않은 경우 생존시간은 약 2.2시간, 가장 보수적으로 예측한 MOIST의 경우 약 13.8시간으로 나타났다. 최저수온이 18.0℃로 가장 높은 8월의 경우에도 구명조끼를 착용하지 않은 경우 약 5.0시간, MOIST의 경우 34.8시간으로 나타났다.

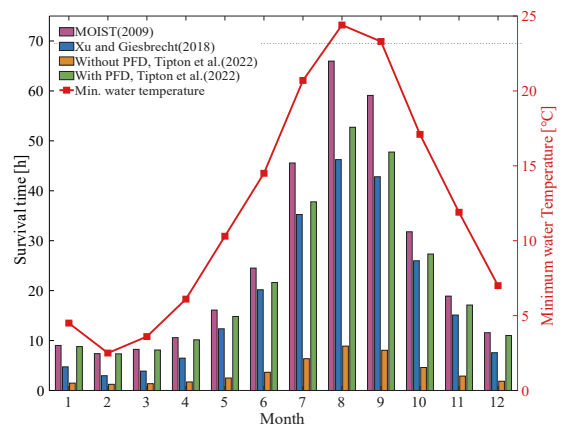
(b)는 남해(통영)에서의 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 같이 2월의 최저수온이 6.8℃로서 가장 낮으며, 이때 구명조끼를 착용하지 않은 생존시간은 11.3시간이다.



(a) East Sea(Uljin)



(b) South Sea(Tongyeong)



(c) West Sea(Boryeong)

[Fig. 8] Predicted survival time based on the monthly minimum water temperature.

8월의 경우 얇은 경우 생존시간은 1.8시간, 그리고 MOIST에 최저수온이 24.1℃이며, 이때 구명조끼를 착용하지 않은 경우 8.6시간, MOIST의 경우 64.0시간이다.

(c)는 서해(보령)에서의 결과를 나타낸 것으로 서해에서 전 해역 중 가장 낮은 수온인 2.5℃가 나타났다. 이때 구명조끼를 착용하지 않은 경우 생존시간은 1.2시간, MOIST는 7.4시간을 예측하였다. 8월의 24.4℃ 최저수온에서는 구명조끼를 착용하지 않은 경우와 MOIST 각각 8.9시간, 66.0시간을 예측하였다.

본 연구에서 비교한 상관식들은 통계적 데이터에 기반한 것이므로, 실제 현장에서는 익수자 개인의 특성, 해상 상태 심지어 일몰 여부까지도 생존에 영향을 미칠 수 있다. 야간에는 주간에 비해서 대기온도도 낮을 뿐만 아니라 공포심에 의한 심리적 위축에 의해서 생존시간이 단축될 수 있다. 앞서 살펴본 것과 같이 각 해역에서 수온 특성이 다르고 심지어 파고, 조류 등의 해상 상태가 상이하므로, 익수자 인명구조를 위한 매뉴얼은 해당 해역의 특성에 맞게 갖추어져야 할 필요가 있다.

그리고 본 연구에서는 다음과 같은 한계를 가지므로, 결과 해석 시 이러한 한계를 고려하여야 한다. 첫째, 본 연구에서 사용한 신체 반응 모델과 생존시간 예측 상관식은 미해군 또는 미국 해안경비대의 침수 사고 통계 및 서구권 실험 자료에 기반하여 도출되었으며, 입력값으로 한국인의 체형과 국내 해역의 수온만을 사용하였으므로 직접적인 한국인의 생리적 특성과 국내 해역의 환경적인 특성을 반영하지 못한다. 둘째, 각 해역의 수온은 2025년 1년간의 자료를 기반으로 산출되었으므로, 대표성을 반영하지 못하며, 추후 3~5년 이상의 다년도 평균자료와 기후변화에 따른 수온 추세를 반영할 필요가 있다. 셋째, 본 연구에서의 예측은 수온, 체형, 구명조끼 착용 여부 등의 정적 변수를 입력 변수로 사용하였으며, 파고, 조류, 주야간 여부 그리고 심리적 요인 등은 반영

하지 못하였다. 향후 한국형 데이터셋 구축과 동적 모델 개발을 통해서 보완될 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 익수자의 생존시간을 예측하기 위해서 다양한 모델과 상관식을 이용하고, 국내 해역의 특성을 적용하여 예측 및 분석하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 신체반응 모델링을 통해서 체형별 시간에 따른 심부 온도와 생존시간을 예측하였으며, 마른 체형에 비해 비만 체형은 피하지방의 단열효과로 인해 저체온증에 유리하다. 마른 체형에 비해서 생존시간은 약 4배 길게 예측되었다.

- 익수자 통계를 기반으로 만들어진 상관식에 의한 예측은 극단적인 생존자 케이스도 고려되었으므로, 과도하게 예측할 가능성을 배제할 수 없다. 하지만 경향성을 분석하였을 때, 구명조끼 착용 여부에 따라서 약 6배의 생존시간의 차이가 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 이는 구명조끼의 착용 여부가 익수자 생존에 결정적인 영향을 미친다는 것을 나타낸다.

- 국내 해역별·계절별 수온의 차이가 유의미하게 나타나며, 이에 따라서 익수자의 생존시간도 다르게 예측된다. 따라서 해역별 인명구조를 위한 매뉴얼은 해역의 상황에 맞게 정립되어야 하며, 골든타임 내에서 최대한 신속하게 구조가 이루어질 수 있어야 한다.

- 익수자 인명 구조 시 신속하고 안전한 구조뿐만 아니라 구조 당시의 수온을 비롯한 해상 및 기상상태, 일몰 여부 그리고 익수자의 체형, 나이, 의복, 구명조끼 착용 여부 등 종합적인 정보를 체계적으로 관리하고 고도화하여 이를 기반으로 한국형 데이터셋을 구축하는 것이 필요하다.

본 연구 결과는 익수자 인명 구조를 위한 기초 자료로 활용 가능할 것으로 판단된다.

References

- Jeong, HS, Jung D, Yun JH and Kim CK(2023). A Study on the Survival Time of a Person in Water for Search and Rescue Decision Support, *J. Navig. Port Res.*, 47(6), 331~340.
<https://doi.org/10.5394/KINPR.2023.47.6.331>
- Jho H, Kim D, and Lee HG(2025). Drowning Detection and Localization Using Unmanned Mobile Systems for 24/7 Water Safety Surveillance, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 48(2), 197~205.
<https://doi.org/10.11627/jksie.2025.48.2.197>
- Kim KS, Choi JW, Han SH and Lee CH(2016). A Basic Study on the Criteria of Immersion Suits for Fishing Vessels Engaged in Coastal and Inshore Fisheries, *JFMSE*, 28(6), 1588~1590.
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2016.28.6.1581>
- KOMSA(2026). Maritime Traffic Safety Information System(MTIS), Online Retrieved from .
<https://mtis.komsa.or.kr/mn/view>
 (Accessed: Jun. 20, 2026)
- NIFS(2026). Real-time Information System for Aquaculture Environment, Online Retrieved from.
<https://www.nifs.go.kr/risa/main.do>
 (Accessed: Jun. 20, 2026)
- Republic of Korea(2025). Act on Safe Operation of Fishing Vessels and Promotion of Safety and Health of Fishing Vessel Crews, Act No. 21282, Online. Retrieved from
<https://www.law.go.kr/LSW/lsInfoP.do?lsiSeq=281973>
 (Accessed: Jun. 20, 2026)
- Tikuisis P(1995). Predicting survival time for cold exposure, *International Journal of Biometeorology*, 39(2), 94~102.
<https://doi.org/10.1007/BF01212587>
- Tikuisis P, Gonzalez RR, Oster RA and Pandolf KB(1988). Role of body fat in the prediction of the metabolic response for immersion in cold water, *Undersea Biomed Res.*, 15(2), 123~134.
- Tipton M, McCormack E, Elliot G, Cisternelli M, Allen A and Turner AC(2022). Survival time and search time in water: Past, present and future, *Journal of Thermal Biology*, 110, 103349.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103349>
- USCG R&DC(2009). Recommendations for the U.S. Coast Guard Survival Prediction Tool.
- Wissler EH(2003). Probability of Survival During Accidental Immersion in Cold Water, *Aviat Space Environ Med.*, 74(1), 47~55.
- Xu X and Giesbrecht GG(2018). A new look at survival times during cold water immersion, *Journal of Thermal Biology*, 78, 100~105.
<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2018.08.022>
- Xu X and Tikuisis P(2014). Thermoregulatory Modeling for Cold Stress, *Comprehensive Physiology*, 4(3), 1057~1081.
<https://doi.org/10.1002/cphy.c130047>

-
- Received : 23 June, 2026
 - Revised : 03 August, 2026
 - Accepted : 07 August, 2026