



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

# 델파이 기법을 이용한 해군 구조작전의 나이트록스 잠수기법 도입 방안

The Introduction Plan of the Nitrox Diving System into the ROK  
Navy Salvage Operations Using the Delphi Method



2017년 1월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

해양관리기술학과 수중잠수과학기술전공

임 안

본 논문을 임안의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장      강 신 범      (인)

위    원      강 신 영      (인)

위    원      장 재 용      (인)



2016년 12월 22일

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원

# 목 차

List of Tables .....	4
List of Figures .....	6
Abstract .....	7
<b>1. 서 론</b>	
1.1 연구의 필요성 및 목적 .....	8
1.2 연구 문제 .....	11
1.3 연구의 제한점 .....	12
1.4 용어의 정의 .....	13
<b>2. 이론적 배경</b>	
2.1 해군 구조잠수체계 현황 .....	15
2.2 나이트록스 잠수기법 .....	17
2.3 텔파이 기법 .....	24
2.4 선행연구 고찰 .....	27
<b>3. 연구방법</b>	
3.1 연구대상 .....	34
3.2 조사도구 .....	34
3.3 연구설계 .....	38
3.4 연구절차 .....	38
3.5 수집된 자료의 분석 .....	39

#### 4. 연구결과

4.1 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점 .....	41
4.2 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점에 대한 개선 방안 .....	47
4.3 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 변화 가능성과 희망의 정도 ....	53

#### 5. 논의

5.1 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점 .....	61
5.2 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점에 대한 개선 방안 .....	71
5.3 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 변화 가능성과 희망의 정도 ....	77

#### 6. 결론 및 제언

6.1 결론 .....	81
6.2 제언 .....	84

참고문헌 .....	86
------------	----

부록 A .....	90
------------	----

# List of Tables

<b>Table 1</b>	Capability of NAVY salvage diving system .....	15
<b>Table 2</b>	Correlation of narcotic potency of the inert gases, hydrogen, oxygen and carbon dioxide .....	19
<b>Table 3</b>	Partial pressure of oxygen .....	23
<b>Table 4</b>	The procedure of delphi research .....	26
<b>Table 5</b>	Former studies about NAVY salvage diving system .....	29
<b>Table 6</b>	Former studies about nitrox diving system .....	31
<b>Table 7</b>	Former studies about delphi research .....	33
<b>Table 8</b>	Assemble Panels of “Expert” .....	34
<b>Table 9</b>	Example of 1st-round delphi question .....	35
<b>Table 10</b>	Measurement of 2nd-round delphi answers .....	36
<b>Table 11</b>	Example of 2nd-round delphi question .....	36
<b>Table 12</b>	Example of 3rd-round delphi question .....	37
<b>Table 13</b>	Linear formula of possibility of changes .....	40
<b>Table 14</b>	Classify into three groups by possibility of changes .....	40
<b>Table 15</b>	Classify into three groups by mean value of wish for the change .....	40
<b>Table 16</b>	Safety issues about nitrox diving system .....	41
<b>Table 17</b>	Using and training issues about nitrox diving system .....	42
<b>Table 18</b>	Issues about partial pressure nitrox blending system .....	43
<b>Table 19</b>	Issues about continuous nitrox blending system .....	44
<b>Table 20</b>	Issues about membrane nitrox blending system .....	45

<b>Table 21</b>	Understanding issues about introducing new diving system into the NAVY .....	46
<b>Table 22</b>	Improvements regarding safety issues .....	47
<b>Table 23</b>	Improvements regarding using and training issues .....	48
<b>Table 24</b>	Improvements regarding Issues about partial pressure nitrox blending system .....	49
<b>Table 25</b>	Improvements regarding Issues about continuous nitrox blending system .....	50
<b>Table 26</b>	Improvements regarding Issues about membrane nitrox blending system .....	51
<b>Table 27</b>	Improvements regarding understanding issues about introducing new diving system into the NAVY .....	52
<b>Table 28</b>	Wishes for the change regarding nitrox safety .....	53
<b>Table 29</b>	Wishes for the change regarding nitrox using and training .....	55
<b>Table 30</b>	Wishes for the change regarding partial pressure nitrox blending	56
<b>Table 31</b>	Wishes for the change regarding continuous nitrox blending .....	58
<b>Table 32</b>	Wishes for the change regarding membrane nitrox blending .....	59
<b>Table 33</b>	Wishes for the change regarding understanding issues about introducing new diving system into the NAVY .....	60

## List of Figures

Fig. 1 Dissolved nitrogen curve .....	18
Fig. 2 NOAA oxygen exposure limits .....	21
Fig. 3 Pulmonary and CNS toxicity limits of exposure to varying partial pressures of oxygen .....	22
Fig. 4 Study design procedure .....	38



# The Introduction Plan of the Nitrox Diving System into the ROK Navy Salvage Operations Using the Delphi Method

Lim, An

Major in Underwater Diving Science and Technology  
Department of Maritime Management Technology  
Ocean Science and Technology School

## Abstract

The purpose of this study was exploring for the ways to improve the Korean Navy diving system particularly focused on using the nitrox diving system. I used 'Delphi Method' to figure out the problems of introducing nitrox diving system into the ROK NAVY, to suggest how to improve it, to analyze the possibility of how to take those improvement into action. I set the experts, whose jobs are currently involved in Korean Navy diving system and used purposeful sampling to analyze the data about nine experts of Korean Navy diving system from SSU(Sea Salvage and rescue Unit).

The results, the ways of strategies to introducing nitrox diving system into the ROK NAVY were as follows. For the safety issues, EAD applied US NAVY diving table should be used as nitrox diving table. And regulation to deal with high pressure oxygen should be set up. For the using and educational issues, correct education and continuous training should be conducted. And nitrox diving manual should be made. For blending issues, blending manual should be followed strictly. And blending manager should be designated. For the concerning issues about introducing new diving system into the NAVY, safety certified equipment should be introduced. And integrated discuss including necessity, economical efficiency and safety matters should be conducted.

**KEY WORDS:** Navy Salvage & Rescue 해군 해난구조; Mixed gas 혼합기체; Nitrox diving 나이트록스잠수; Delphi 델파이

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 필요성 및 목적

해군의 해난구조작전은 함정이나 군사장비·병력의 구조뿐만 아니라 국가적인 재난의 구조 지원을 포함한다. 대한민국의 해난구조대는 1950년 창설 이후 60여 년간 수많은 해난구조작전을 수행해왔으며, 1998년 여수 북한 반잠수정 인양, 1996년 북한 상어급 잠수정 인양, 2010년 천안함 구조, 2012년 북한 장거리 미사일 잔해 인양 등 군사작전뿐만 아니라 1993년 서해훼리호 구조, 2014년 세월호 구조와 같은 국가 재난상황 시에도 구조작전에 적극적으로 참가하여 우리 군이 국민의 생명과 재산을 보호하는 국민의 군대임을 보여주고 있다.

한국 해군의 해난구조 역량은 국가의 적극적인 지원 하에 세계 해양 선진국과 유사한 수준에 도달해 있으며(김태현, 2012), 연안에서부터 심해에 이르기까지 수심 변화에 따라 적용할 수 있는 다양한 잠수기법을 운용하고 있다.

해군이 연안에서 주로 운용하는 잠수 방법은 스쿠버와 표면공급 잠수체계이다. 스쿠버(SCUBA: Self Contained Underwater Breathing Apparatus)는 잠수사가 압축된 호흡기체 저장 용기를 착용하고 수중 활동을 할 수 있도록 고안된 잠수 장비를 말하며, 수심 40m까지 운용한다. 표면공급 잠수체계(SSDS: Surface Supplied Diving System)는 스쿠버와 달리 잠수모함 혹은 육상의 호흡기체 저장 용기로부터 호흡기체 이송이 가능한 호스(umbilical)가 잠수사의 헬멧에 연결된 방식으로 수심 58m까지 운용한다(정주성, 2012). 이 두 가지 방법은 2014년 세월호 구조현장에서도 주로 사용되었던 해군의 대표적인 잠수방법으로 호흡기체로는 대기의 공기를 사용한다.

이후 수심이 점점 깊어질수록 91m까지 호흡기체로 혼합기체를 사용하고 300m까지 포화잠수를 실시한다. 특히 1996년 최대수심 300m까지 포화잠수가

가능한 잠수함구조함(ASR: Auxiliary Submarine Rescue ship)인 청해진함을 건조하였고, 2003년 450m까지 육상에서 포화잠수훈련을 지원할 수 있는 심해잠수훈련장(DDSS: Deep Diving Simulate System)을 건설하여 국내에서 유일하게 세계적인 포화잠수능력을 보유하게 되었다. 운용 사례로 1998년 12월 여수시 돌산에서 격침된 북한 반잠수정을 수심 150m에서 인양한 바 있으며, 이 업적은 기네스북에 등재되어 세계적인 주목을 받았다(편필장, 2011). 이와 더불어, 심해에서의 해난구조작전 능력으로 잠수함구조정(DSRV: Deep Submergence Rescue Vehicle)이 500m까지 잠항하여 잠수함 승조원 구조 임무를 수행할 수 있고, 2014년 잠수함구조함(ASR) 및 수상함구조함(ATS-II: Auxiliary Towing Salvage ship)에 ROV(Remotely Operated underwater Vehicle)를 설치하여 3,000m까지 구조 임무를 수행할 수 있는 능력을 갖추었다. ROV의 운용 사례로 2016년 수심 1,030m에서 추락한 해군헬기와 실종자 3명의 시신을 모두 인양하여 실효성을 입증하였다(한국일보, 2016).

이처럼 해군의 해난구조작전은 수심별로 다양한 잠수기법 적용이 가능하고, 새로운 잠수기법 및 최신의 장비 도입을 통해 작전능력의 범위를 넓혀 왔으며, 내실 있고 강도 높은 훈련을 통해 완벽한 작전운용을 해왔다. 하지만, 현 시점에서 대한민국 해군의 구조잠수능력의 발전을 면밀히 들여다보면 대부분의 잠수능력 발전이 심해잠수 위주로 이루어졌음을 알 수 있다. 심해에서의 구조작전능력 발전도 매우 중요한 요소이기는 하지만 다양한 구조 환경 속에서 효과적인 작전을 수행하기 위해서는 40m 이내의 비교적 얕은 수심에서의 잠수능력 발전도 매우 중요하다. 실제로 해난구조대는 1993년 서해훼리호 구조작전(수심 15m), 1998년 동해 북한 잠수정 나포 및 인양(수심 40m), 2002년 참수리 357호 인양(수심 27m), 2003년 합천호 추락헬기 인양(수심 30m), 2014년 세월호 구조작전(수심 40m) 등 수심 40m 이내에서도 많은 구조작전을 수행해왔다.

40m 이내의 수심에 적용되는 해군 구조잠수기법은 공기 스쿠버 및 표면공급 공기잠수기법이다. 이 기법들은 대기 중의 공기를 호흡기체로 사용함에 따른 단점을 가지는데, 대표적으로는 감압병 발생 위험에 대한 부담, 해저체류시간의 제약이 있다(김태현, 2013). 이러한 단점은 2014년 세월호 구조작전 시 명확히 드러났다. 당시 구조해역은 거센 조류로 인해 정조 시간에만 잠수가 가능하였

고, 그 시간동안 잠수조의 교대를 최소화 하여 해저체류시간을 길게 운용할 필요가 있었으나 공기잠수의 짧은 해저체류시간 때문에 비교적 효율적인 작전을 수행하지는 못했다. 초기 얕은 수심의 선체외부 탐색작전은 스쿠버를 사용하였고 본격적인 선체 내부 탐색은 표면공급 잠수를 실시하였는데, 호흡기체로 나이트록스를 사용하여 좀 더 긴 시간 동안 잠수를 할 수 있었다라면 구조의 효율을 향상시킬 수 있었을 것이다.

나이트록스 다이빙은 전체적인 질소의 흡수를 줄여주고 감압병의 위험성을 감소시켜 이로 인해 긴 잠수시간을 확보하는 효과가 있다(권대현, 2016). 실제로 세월호 구조작전 중 민간 잠수 팀에서 나이트록스를 사용하여 더 긴 시간 동안 잠수를 하기도 했으나, 이는 적법성의 문제들이 있어 구체적인 정보들이 아직 알려지지 않고 있다(우대희, 2015).

나이트록스 다이빙은 1970년대에 미국의 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)에 의해 과학 잠수 분야에 나이트록스가 도입된 이래 레크리에이션 잠수에 정착이 되기까지는 약 20년이라는 세월이 필요하였으나, 테크니컬 잠수의 활성화와 함께 나이트록스 사용에 대한 여러 가지 의문점들이 빠르게 해소되기 시작하여 이제는 사용 범위가 산업 잠수 분야에까지 확장되고 있다(강신영과 김호상, 2010). 현재 국내에서도 대부분의 레크리에이션 잠수단체에서 테크니컬 잠수 교육을 활발히 진행하고 있고, 나이트록스를 취급하는 다이빙 리조트를 어렵지 않게 찾을 수 있다. 산업잠수 부분에서는 2008년 부산-거제 해저터널 건설 현장에서 공식적으로 사용된 기록이 있다.

지금까지 해난구조 발전방향에 대한 연구는 장형진(2009), 박정식(2008), 편필장(2011), 정주성(2012) 김태현(2013), 유호휘(2015), 우제삼(2015)에 의해 꾸준히 이루어졌고 그 중 나이트록스 잠수기법을 언급한 연구도 정주성(2012), 김태현(2013)에 의해 수행되었다. 하지만 정주성(2012)은 장단점을 언급하는 정도로만 다루었고, 김태현(2013)은 테크니컬 잠수체계에 포함하여 나이트록스 잠수기법의 감압 효율성, 잠수시간 등을 비교 분석하여 도입의 필요성을 주장하였으나 위험성에 대한 전문가적 의견분석이나, 적용 및 도입방안에 대해서는 구체적으로 다루지 않았다.

해난구조 잠수체계가 아닌 산업잠수 분야에서의 나이트록스에 대한 연구는 우대희(2015)에 의해 이루어졌다. 이 연구는 실제 2008 ~ 2010년 부산-거제 해저터널 건설 현장에서 산업잠수로 나이트록스를 사용한 결과를 분석하여 안전성, 효율성, 경제성에 대해 평가한 것으로, 유용한 분석 내용을 참고할 수 있었으나 구조잠수체계로서의 나이트록스 도입 필요성을 설명할 수는 없었다.

선행연구에서도 알 수 있듯이 해난구조 발전을 위해 잠수기법에 대한 연구는 매우 중요하며, 주어진 구조 환경에 가장 적합한 잠수 방식을 적용할 수 있어야 효과적으로 작전을 수행할 수 있다. 해군은 지금까지 최신의 선진 잠수기법을 도입하고 철저한 교육훈련을 통해 해난구조작전능력을 향상시켜왔으나 발전의 과정을 살펴보면 대부분의 노력이 심해에서의 잠수능력 발전에 치중되었고 얕은 수심에서의 잠수능력 발전은 거의 이루어지지 않았다. 따라서 얕은 수심에서부터 깊은 수심까지 균형 있는 발전을 위하여 얕은 수심에서 효율성이 높은 나이트록스 잠수기법을 해군에 도입하는 것에 대해 연구할 필요가 있다.

이에 본 연구는 델파이 기법을 활용한 해군 해난구조 전문가 집단의 의견 수렴을 통해 나이트록스 잠수기법 도입의 예상되는 문제점과 개선방안을 분석하여 해군의 해난구조작전능력 향상 방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 또한, 향후 해군의 구조작전 능력 향상을 위한 나이트록스 잠수기법 도입을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

## 1.2 연구 문제

본 연구는 델파이 기법을 활용하여 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하기 위해 다음과 같은 연구문제를 설정하였다.

1. 해난구조 전문가들은 나이트록스 잠수기법의 문제점에 대해 어떠한 의견을 갖고 있는가?
2. 해난구조 전문가들은 나이트록스 잠수기법의 문제점에 대한 개선 방안에 어떠한 의견을 갖고 있는가?

3. 해난구조 전문가들의 나이트록스 잠수기법의 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망의 정도는 어떠한가?

### 1.3 연구의 제한점

본 연구는 연구대상, 조사도구, 연구방법 등에서 나타나는 문제로 인해 다음과 같은 한계 및 제한점을 갖는다.

첫째, 본 연구대상은 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 모색에 영향을 미칠 수 있는 해난구조작전 지휘관, 해난구조작전 팀장 및 작전 계획 수립자, 인원·장비관리 실무자 및 잠수사로 제한하였다.

둘째, 본 조사도구는 전문가집단 간 합의된 의견을 도출하기 위해 수회에 걸쳐 설문이 실시되는데 본 연구에서는 3차의 설문으로 제한하였다.

셋째, 본 연구에서는 설문에 대한 최소한 공통 판단기준을 갖도록 하기 위해서 연구자가 문헌조사를 바탕으로 쟁점화 되고 있는 나이트록스 도입에 대한 4가지 영역 즉, 안전성 측면, 운용 및 교육훈련 측면, 기체 제조 측면, 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 측면으로 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하는 것으로 제한하였다.

## 1.4 용어의 정의

본 연구에서 사용되는 용어는 다음과 같은 의미로 사용되었다.

### 1) CNS 산소중독(central nervous system oxygen toxicity)

본 연구에서 부분압이 1.6ata보다 높은 고농도 산소를 단시간 동안 호흡하였을 때 중추신경계 손상이 일어나 발작 등의 증세를 보이는 부정적인 생리현상을 CNS 산소중독으로 정의하였다.

### 2) 폐 산소중독(pulmonary oxygen toxicity)

본 연구에서 1.6ata보다 낮은 부분압의 산소라도 이것에 장기간 노출되었을 때 호흡계통의 손상이 일어나 기침과 가슴의 통증 등의 증세를 보이는 부정적 생리현상을 폐 산소중독으로 정의하였다.

### 3) 산소청결(Oxygen cleaning)

고압의 산소에 노출되는 실린더, 레귤레이터, 고압호스, 게이지 등의 장비 부품은 화재나 폭발의 연료가 되는 물질이 없어야 하므로 일정한 기준에 의해 세척제나 뜨거운 물로 불순물을 제거하는 작업을 해야 한다. 본 연구에서 이러한 불순물 제거 작업을 산소청결이라고 정의하였다.

### 4) EAD(Equivalent Air Depth)

특정 나이트록스를 사용할 때 질소압력이 공기를 사용할 때의 질소압력과 같게 되는 수심을 구해서 그 수심에서의 감압절차를 따르도록 한다. 이러한 절차는 지난 30년간 반폐쇄회로 및 폐쇄식 혼합 기체용 수중호흡기에 사용되어온 방법이다(Rutkowski, 2012). 본 연구에서 질소압력이 공기를 사용할 때의 질소압력과 같게 되는 수심을 EAD라고 정의하였다.

## 5) MOD(Maximum Operating Depth)

잠수에서 수심이 깊어질수록 잠수사에게 마취중세, 압력손상, 산소중독 등 여러 가지 악영향이 나타나게 된다. 그 중 산소중독은 산소의 부분압이 일정 한계치 이상 높아지면 나타나게 되므로 이를 예방하기 위해 허용되는 한계 수심을 정한다. 호흡기체로 공기를 사용했을 때와는 달리 산소의 농도를 임의적으로 변화시킨 나이트록스나 트라이믹스와 같은 호흡기체로 잠수를 할 때는 산소의 농도에 따라 허용되는 산소부분압의 한계수심이 변하므로 더욱 주의해야 한다. 본 연구에서는 나이트록스 잠수에서 산소중독의 영향으로 부터 안전하게 잠수할 수 있는 최대 수심을 MOD로 정의하였다.

## 6) 델파이 기법

델파이 기법은 여러 전문가들의 판단을 종합하여 정책적 대안이나 의견을 합의하여 미래를 예측하는 조사연구방법이다(이성우, 2007). 협의를 통한 논의과정에서 나타날 수 있는 부정적 효과를 방지할 수 있는 설문 형식의 조사연구방법으로 3-4회에 걸쳐 질문을 실시하고 참여자들은 이전의 설문에서 나타난 자료를 바탕으로 본인의 판단을 수정할 기회를 가지게 된다. 델파이 기법에는 문제 상황을 합의점에 도달하는 합의 델파이, 종합적인 관점을 구하기 위한 규범형 델파이, 다양한 정책대안이나 자원분배에 대한 정책 델파이로 분류할 수 있는데(이종성, 2006), 본 연구에서는 전문가들의 의견이 합의점에 도달할 수 있는 합의 델파이로 정의하였다.

## 7) 캐스케이드 방식(Cascade fill technique)

기체를 충전할 때 대용량 스토리지에 기체를 압축하여 충전시켜놓았다가 압축기의 가동 없이 소형 실린더에 충전한다. 본 연구에서 실린더를 충전할 때 저압의 스토리지를 먼저 사용하고 고압의 스토리지를 나중에 사용하여 항상 높은 충전압력을 유지하는 방식을 캐스케이드 방식으로 정의하였다.

## 제 2 장 이론적 배경

### 2.1 해군 구조잠수체계 현황

해군에서 운용중인 구조 잠수체계는 스쿠버, 표면공급 공기잠수와 혼합기체 잠수, 포화잠수로 구분할 수 있다. (Table 1)에서 해군의 구조 잠수체계별 운용 개념을 정리하였다.

공기를 사용하는 스쿠버는 수중 기동성이 우수하여 수중탐색과 간단한 작업에 사용한다. 호흡한 기체를 모두 배출하는 개방회로 방식이이며, 공기 고유의 고압 하 부정적 생리현상으로 인해 수심 약 40m까지 운용심도를 제한하고 있다. 용기에 휴대하는 호흡기체의 양이 한정되어 있어 장시간 수중에 체류할 수 없고, 단단한 헬멧이 없어 잠수사의 신체를 보호하기가 곤란하며, 통신기가 없어 잠수사간의 의사소통이 어려운 단점이 있으므로 전문 구조작전에는 제한적으로만 운용하고 있다.

Table 1 Capability of NAVY salvage diving system

구 분	기본 운용 개념	최대 운용 수심	비 고
스 쿠 버	실린더 내의 압축공기 사용	40m	무감압
표 면 공 급 잠 수	공기잠수	엄빌리컬을 통해 공급되는 공기 사용	수중/ 챔버감압
	혼합기체 잠수	엄빌리컬을 통해 공급되는 혼합기체(HeO <sub>2</sub> ) 사용	수중/ 챔버감압
	포화잠수	엄빌리컬을 통해 공급되는 혼합기체(HeO <sub>2</sub> ) 사용 * 챔버가압 → 잠수 → 챔버감압 (수심 300m 기준 최소 14일 소요)	300m

표면공급 잠수체계는 스쿠버와 같은 개방회로 방식이나, 스쿠버와 달리 함상의 호흡기체 저장용기로부터 호흡기체를 이송할 수 있는 엄빌리컬이 잠수헬멧에 연결되어 지속적인 기체 공급이 가능하고, 모함과의 통화를 통해 철저한 안전관리를 받으며 잠수를 할 수 있으므로 구조작전에 주로 이용된다. 호흡기체의 종류에 따라 공기와 혼합기체잠수로 구분된다.

표면공급 공기잠수는 스쿠버에 비해 잠수 수심과 해저 체류시간의 제한이 적어 최대 58m까지 잠수가 가능하며 수중에서의 작업시간을 연장하기 위하여 주로 감압잠수를 수행한다.

표면공급 혼합기체잠수는 헬륨과 산소의 혼합물인 헬리옥스(heliox)를 이용한다. 잠수 중 압축된 일반 공기를 호흡하면 독성, 불활성 기체의 마취, 신체 조직 내 축적으로 인한 감압의 어려움 등 여러 가지 생리적 제한사항이 발생한다. 이러한 제한사항을 극복하기 위해서 고안한 것이 헬리옥스 잠수와 같은 혼합기체잠수이다. 헬륨은 질소에 비해 마취효과가 약 1/4 정도로 약하며 고압 하 산소 부분압의 증대를 예방하기 위해 하잠, 해저, 감압 기체 등으로 분류하여 산소의 비율을 조절하여 잠수를 수행한다. 혼합기체잠수는 91m까지 잠수가 가능하다. 깊은 수심에서 장시간 작업하게 되므로 잠수사의 임무수행에 있어서 위험성이 매우 크다. 또한 헬륨의 특성으로 인해 열전도가 빨라져 다이버가 추위를 심하게 느끼고 음성 변성 현상(Donald Duck effect)이 발생하며, 호흡기체(헬륨)가 고가이므로 유지비가 많이 든다는 단점이 있다(김태현, 2013).

포화잠수는 불활성기체가 해당 수심에서 잠수사 신체에 완전히 용해되어 더 이상 용해되지 않는 상태로 잠수를 하는 것을 말한다. 포화잠수를 실시하기 위해서는 심해잠수체계(DDS: Deep Diving System)가 필요하다. DDS는 잠수사의 작업수심과 동일한 환경을 조성해 주는 함상 가·감압 챔버인 DDC(Deck Decompression Chamber)와 DDC 조종실, 잠수사에게 호흡할 기체를 공급해주는 기체 저장실, 잠수사를 작업수심까지 안전하게 이동시켜주는 인원이송장치인 PTC(Personal Transfer Capsule), PTC 조종실 등으로 구성되어 있다. 포화잠수는 100m 이상의 수심에서 감압으로 인한 작업의 중단 없이 잠수작업 시간을 연장할 수 있으므로 심해에서의 잠수함 구조, 해저 시설물 설치 및 건설과 과학실험의 연구를 할 수 있다. 해군은 대우 조선소에서 건조한 잠수함구조함이

1997년에 2회에 걸쳐 해상에서 처음으로 150m 및 300m 잠수에 성공하였으며, 심해잠수훈련장(DDSS) 건물에서는 2005년에 300m 포화잠수에 성공하였다. 현재는 잠수함구조함의 심해잠수체제로 300m까지 포화잠수가 가능하다(정주성, 2012).

## 2.2 나이트록스 잠수기법

나이트록스(Nitrox)는 질소(Nitrogen)와 산소(Oxygen)의 합성어로 질소와 산소의 혼합 기체이다. 우리가 이 세상에 태어나면서 처음으로 호흡한 공기도 질소 79%와 산소 21%로 구성되어진 나이트록스의 한 형태라고 볼 수 있다. 산소의 혼합비가 21% 이상인 나이트록스는 인리치드 에어 나이트록스(Enriched Air Nitrox) 또는 EANx라 부르고 다이빙에 여러 가지 중요한 이득을 주고 있다.

일반 공기는 즉시 준비가 가능하고 경제적인 면에서 저렴한 호흡기체이다. 하지만 일정 수심 하에서의 질소 마취와 불활성 기체인 질소로 인한 감압의 부담 등의 문제점으로 인해 이상적인 기체가 아니다(NOAA, 2001). 잠수 시 하잠에 따른 압력의 증가는 질소 부분압을 상승시켜 마취효과를 유발한다. 또한, 체내에 용해되어 축적되는 질소의 양 역시 질소의 부분압에 의해 결정되고 그에 따라 감압 시간의 증감이 결정된다. 이러한 일반 공기 호흡의 부정적인 영향을 극복하기 위한 방법이 질소의 비율을 줄이고 산소의 비율을 증가시키는 것이며 이러한 이론적 배경을 토대로 고안된 잠수가 바로 나이트록스 잠수이다.

나이트록스는 1874년 영국의 Fleuss가 최초로 재호흡기용 호흡기체로 사용하였고, 1차 세계대전 전에 영국의 Augustus Siebe와 독일의 Dräger 같은 잠수장비회사가 경쟁적으로 재호흡기를 생산하며 호흡용 기체로써 나이트록스에 대한 실험을 시작했다. 이후 나이트록스를 사용하는 재호흡기는 잠수함 탈출 장치, 수륙양용전차 탈출 장치, 소방관용 호흡장치, 특공대 침투용 재호흡기 등으로 생산되어 2차 세계 대전 중 활발히 사용되었고 대전 후에도 그대로 군에서 사용되었다(해난구조대, 1998).

1970년대 후반 미국의 해양기상국(NOAA)은 나이트록스 사용으로 얻을 수 있는 현저한 이점을 인정하였고, 1979년 NOAA 다이빙 매뉴얼에 나이트록스 사용

을 위한 테이블과 그 사용 절차를 공표하였다. 불과 몇 년 사이에 과학 잠수나 레크리에이션 잠수 단체들은 나이트록스의 수많은 장점들을 취하기 시작했다 (Somers, 1995).

공기 대신 나이트록스를 이용하여 잠수했을 때 기대할 수 있는 장점은 다음과 같다(USN, 2013).

- 첫째, 무감압 잠수에서의 잠수 시간을 늘릴 수 있다.
- 둘째, 감압 잠수에서 감압 시간을 단축할 수 있다.
- 셋째, 체내에 남아있는 잔류질소량을 줄일 수 있다.
- 넷째, 감압병 발생의 위험을 줄일 수 있다.
- 다섯째, 질소마취 효과를 감소시킬 수 있다.

잠수에서 체내에 용해되어 흡수되는 질소의 양을 줄임으로써 많은 장점을 기대할 수 있다. (Fig. 1)은 수심 20m의 경우 체내 질소 흡수율을 나타낸 그래프이다.

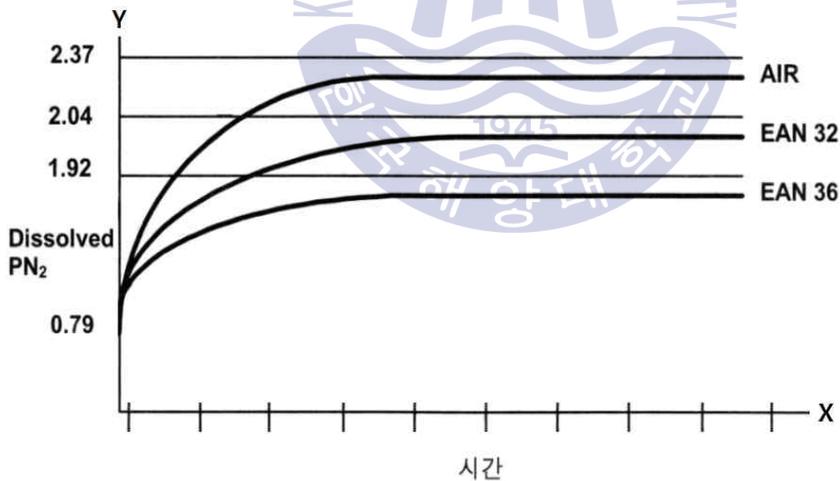


Fig. 1 Dissolved nitrogen curve (Rutkowski, 2012)

잠수사가 호흡 기체로 산소의 함량이 21%인 공기를 사용할 때 잠수사의 초기 체내 질소량은 0.79%에서 잠수 시간이 지남에 따라 약 2.37%까지 증가하는 것을 알 수 있다. 호흡 기체로 산소 함유량이 32%인 나이트록스인 EAN32를 사

용하면 잠수사의 초기 체내 질소량은 0.79%로 공기와 같지만 잠수 시간이 경과할수록 호흡 기체의 질소량이 공기보다 적어 잠수사의 체내 질소량은 최대 2.04% 이하로 유지됨을 알 수 있다. 산소 함유량이 36%인 나이트록스인 EAN36의 경우에도 시간이 지남에 따라 체내 질소량은 최대 1.92% 이하로 유지된다. 이처럼 호흡 기체 속의 질소량이 적으면 잠수 중 체내에 흡수되는 질소량도 적어 감압병 발생의 위험이 줄어들고, 주어진 수심에서의 무감압 한계 시간은 길어지며, 감압이 요구될 때 감압 시간은 짧아진다. 또한 체내에 남아있는 잔류 질소량이 적게 되어 반복 잠수 시 수면휴식시간이 단축되고 잠수 후 고지대로 올라갔을 때의 위험성도 감소한다.

하지만 미 해군 잠수매뉴얼에 장점으로 표기되어있는 질소마취 효과의 감소에 대해서는 이견이 존재한다. 이론적으로 호흡하는 기체에 질소가 감소되면 질소마취의 효과도 감소된다고 할 수 있으나, 많은 학자들은 산소 역시 고압 환경에서 마취성이 강한 기체이기 때문에 산소의 농도를 높인 나이트록스를 사용하였을 때 현저한 마취효과 감소를 기대할 수는 없다고 주장하고 있어 이에 대해 아직 많은 연구가 더 진행되어야 한다(NOAA, 2001). (Table 2)는 불활성 기체, 수소, 산소의 용해도와 마취효과, 물리적 특성을 나타내고 있다. 여기서 질소의 마취효과는 1이고, 산소는 질소 보다 마취효과가 1.7배 높은 것을 알 수 있다. 한편, 헬륨의 마취효과는 0.2로 매우 낮은 것을 알 수 있는데 심해 혼합 기체잠수에 헬륨이 사용되는 이유가 바로 이러한 이유 때문이다.

**Table 2** Correlation of narcotic potency of the inert gases, hydrogen, oxygen and carbon dioxide (Bennett & Elliott, 2003)

가스 종류	상대적 마취 효과	비 고
헬륨(He)	0.2	마취성 가장 낮음
네온(Ne)	0.3	-
수소(H <sub>2</sub> )	0.6	-
질소(N <sub>2</sub> )	1	-
아르곤(Ar)	2.3	-
크립톤(Kr)	2.5	-
크세논(Xe)	25.6	마취성 가장 높음
산소(O <sub>2</sub> )	1.7	-
이산화탄소(CO <sub>2</sub> )	20.0	-

공기 대신 나이트록스를 사용함으로써 발생하는 단점은 다음과 같다(USN, 2013).

첫째, CNS 산소중독 위험이 증가한다.

둘째, 나이트록스 기체를 제조하기 위해 추가적인 장치가 필요하다.

셋째, 나이트록스를 사용하는 잠수장비는 산소청결(Oxygen cleaning) 처리를 받아야 한다.

넷째, 장시간의 나이트록스 잠수는 폐 산소중독을 유발할 수 있다.

다섯째, 나이트록스는 공기보다 비싸다.

나이트록스는 가격이 비싸고 제조를 위해 추가적인 장치가 필요하며 사용하는 장비에 대한 산소청결을 받아야 하는 단점이 있지만 무엇보다 주의해야 할 사항은 산소중독이다. 높은 부분압의 산소를 잠복기(latent period)보다 짧은 시간을 흡입하면 인체에 아무런 영향이 나타나지 않지만, 오랫동안 흡입할 경우 산소중독이 발생된다. 산소중독의 양상은 다양하나, 그 중 CNS 산소중독과 폐 산소중독이 가장 현저하다(해양의료원, 2002).

CNS 산소중독은 수중에서 산소의 부분압이 1.6ata를 초과했을 때 발생할 수 있으며 증상은 시야 협착, 이명, 메스꺼움, 경련, 불안, 현기증, 발작 등이 있으며 다른 증상 없이 바로 발작이 일어날 수 있기 때문에 잠수사에게 치명적인 위험을 초래할 수 있다. CNS 산소중독을 예방하기 위해서는 높은 부분압의 산소에 노출되는 시간을 제한해야 하며 (Fig. 2)의 NOAA의 산소 노출 한계시간이 기본이 되고 있다. 만일 산소 부분압 1.0ata로 24분간 잠수를 한다면 1회 잠수의 노출 한계치 240분의 10%를 사용하게 된다. 연속해서 산소 부분압 1.6ata로 15분간의 반복 잠수를 한다면 1.6ata에서의 단일 노출 한계치 45분의 33%를 사용한 것이 된다. 위의 두 번의 잠수에서 잠수사는 43%의 %CNS를 갖게 된다 (NOAA, 2001).

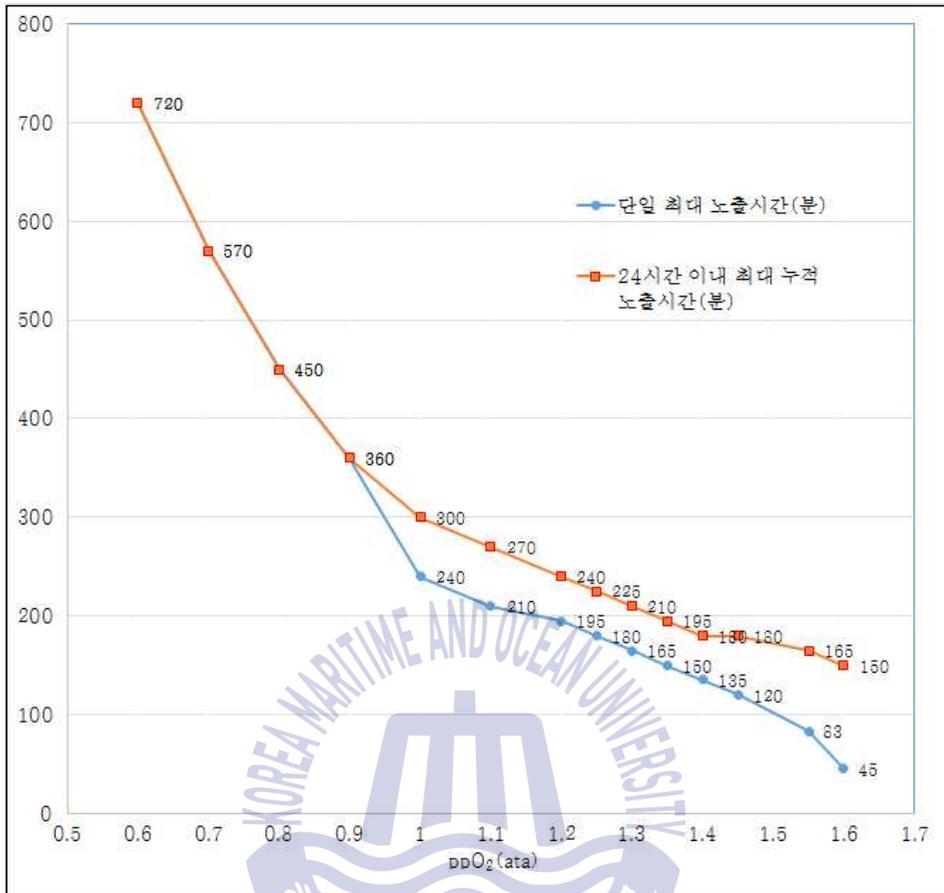


Fig. 2 NOAA oxygen exposure limits (NOAA, 2001)

폐 산소중독은 극히 장시간 동안 비교적 높은 산소 부분압의 기체를 호흡했을 때 나타나며 증상은 폐 내부의 파열, 폐부종으로 인한 흉골 아래 통증, 잦은 기침 등이 있다. 폐 산소중독은 포화잠수, 해저기지 체류, 장시간의 감압 치료 등의 상황에서 발생하는 것으로 보고되었으며, 산소 부분압 2ata 상태에서 3~6 시간 노출되면 폐 산소중독이 발생한다. 폐 산소중독의 영향을 산출하고 추적하기 위해서는 폐 산소중독의 용량단위인 UPTD(Unit Pulmonary Toxic Dose)를 사용한다. 1 UPTD는 100% 산소를 1기압에서 1분 동안 호흡함으로써 일어나는 폐 산소중독의 정도를 말한다. 예를 들어 38m에서 공기로 60분간 호흡했을 때 축적되는 UPTD를 구해보면, 공기의 산소 부분압 0.21%에 38m에서의 절대압 4.8ata를 곱하고 60분의 시간을 곱하면 60UPTD가 된다. 수면휴식 중의 UPTD의 감소는 없으며, 잠수사는 폐 산소중독을 예방하기 위해 하루에 300 UPTD를 넘

어서는 안된다(Somers, 1995).

(Fig. 3)은 일정한 산소 부분압에서 CNS 산소중독과 폐 산소중독에 대한 노출 한계시간을 비교하여 나타낸 그래프이다. CNS 산소중독은 일정 기준 이상의 산소 부분압 증가와 함께 강하고 빠르게 나타나고, 폐 산소중독은 낮은 산소 부분압이라도 시간이 오래 경과하면 발생하는 것을 알 수 있다.

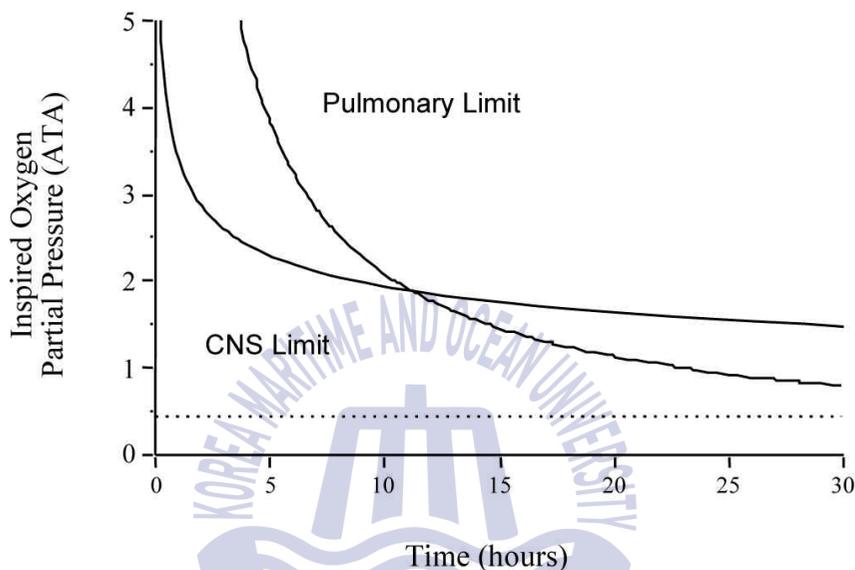


Fig. 3 Pulmonary and CNS toxicity limits of exposure to varying partial pressures of oxygen (Bennett & Elliott, 2003)

일반 공기보다 높은 산소 비율인 나이트록스는 CNS 산소중독을 유발하는 산소 분압인 1.6ata를 기준으로 가용 수심을 결정한다. 따라서 32% 나이트록스는 최대 가용 수심은 130ft이며 36% 나이트록스는 110ft이다. (Table 3)은 나이트록스 산소 비율별 분압표이며, 음영 부분 위쪽의 산소분압에 해당하는 수심이 각 비율별 기체의 최대 가용 수심을 의미한다.

Table 3 Partial pressure of oxygen (김태현, 2013)

(단위: ata)

수심(ft)	21%	28%	30%	31%	32%	33%	34%	35%	36%	37%	38%	39%	40%
0	0.21	0.28	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.36	0.37	0.38	0.39	0.40
35	0.43	0.57	0.62	0.66	0.66	0.68	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78	0.80	0.82
40	0.46	0.62	0.66	0.69	0.71	0.73	0.75	0.77	0.80	0.82	0.84	0.86	0.88
50	0.53	0.71	0.76	0.78	0.81	0.83	0.86	0.88	0.91	0.93	0.96	0.98	1.01
60	0.59	0.79	0.85	0.87	0.90	0.93	0.96	0.99	1.02	1.04	1.07	1.10	1.13
70	0.66	0.87	0.94	0.97	1.00	1.03	1.06	1.09	1.12	1.15	1.19	1.22	1.25
80	0.72	0.96	1.03	1.06	1.09	1.13	1.16	1.20	1.23	1.27	1.30	1.33	1.37
90	0.78	1.04	1.12	1.16	1.19	1.23	1.27	1.31	1.34	1.38	1.42	1.45	1.49
100	0.85	1.13	1.21	1.25	1.29	1.33	1.37	1.41	1.45	1.49	1.53	1.57	1.61
110	0.91	1.21	1.30	1.34	1.39	1.43	1.47	1.52	1.56	1.60	1.65	1.69	1.73
120	0.97	1.30	1.39	1.44	1.48	1.43	1.58	1.62	1.67	1.72	1.76	1.81	1.86
130	1.04	1.38	1.48	1.53	1.58	1.63	1.68	1.73	1.78	1.83	1.88	1.93	1.98
140	1.10	1.47	1.57	1.62	1.68	1.73	1.78	1.83	1.89	1.94	1.99		
150	1.17	1.55	1.67	1.72	1.78	1.83	1.89	1.94	2.00				
160	1.23	1.64	1.76	1.81	1.87	1.93	1.99						
170	1.29	1.72	1.85	1.91	1.97								

이처럼 산소 비율이 풍부한 호흡기체는 질소 함량을 감소시키므로 ‘마취효과 감소 및 무감압 잠수 시간의 증대, 감압병 예방’이라는 장점이 있는 반면, 산소량을 증가시키므로 ‘산소중독 발생 가능성 증가’라는 단점이 있다. 산소 중독의 측면만을 보자면 오히려 공기잠수에 비해 한계 수심이 더 낮다. 따라서 나이트록스 잠수는 대심도의 심해잠수에는 적합하지 않으며, 기존 공기잠수 한계 수심 내에서 감압 효과 증대, 잠수시간 증가 등의 장점을 극대화하기 위한 방법으로 사용되거나, 대심도 잠수 이후 감압의 효율을 높이기 위한 방법으로 사용된다.

나이트록스 잠수에서는 등가공기수심을 이용하여 기준 수심을 설정한다 (NOAA, 2001). 등가공기수심은 실제 잠수 수심이 아니라 호흡기체 내 질소의 부분압을 기반으로 측정된 수심이다. 즉, 질소 부분압을 기준으로 나이트록스와 일반 공기잠수의 수심이 동일하게 되는 수심을 의미한다. 이는 고농도 산소의

나이트록스 기체가 일반 공기잠수에 비해 획득할 수 있는 안전 인자(safety factor)를 나타내는 지수이기도 하다. 수심 42ft에서 일반 공기의 질소 분압과 60ft에서 나이트록스 36:64 기체의 질소 분압은 1.8ata로 동일하다. 즉, 이 나이트록스 기체를 이용한 60ft 잠수에서의 등가공기수심은 42ft이다. 또한 36% 산소 함량의 나이트록스 기체를 이용한 잠수는 일반 압축 공기 42ft 잠수와 동일한 신체적 효과(질소 마취 발병, 신체 용해 질소량 등)를 가지며 감압 역시 해당 등가공기수심에 따라 수행된다. 따라서 획득 가능한 안전 인자는 18ft이다 (김태현, 2013).

## 2.3 델파이 기법

### 2.3.1 델파이 기법의 개요

델파이(Delphi)의 이름은 고대 희랍신화 중에서 미래를 통찰하고 신탁을 하였다는 아폴로(Apollo) 신전의 소재지인 희랍의 옛 도읍지 명칭을 따온 것이다. 델파이 기법은 미국의 랜드연구소에서 개발하였으며, 대면토의 문제점을 제거하여 소련의 원자탄 보유량을 추정하는 문제에 대해 전문가들의 의견을 도출하는데 1950년에 최초로 사용하였다. 추정하는 문제에 관한 정확한 정보가 없을 때 두 사람의 의견이 한 사람의 의견보다 정확하다는 계량적 객관의 원리와 다수의 판단이 소수의 판단보다 정확하다는 민주적 의사결정에 논리적 근거를 두고 있는 조사연구이다(이종성, 2006).

델파이 기법은 인지된 판단(informed judgement)을 체계적으로 유도하고 대조하는 방법이며, 즉 자료의 부족과 문제의 복잡성으로 인하여 문제의 해결에 있어서 전문가의 적절한 직관적 판단을 체계적으로 활용할 수 있다는 장점이 있다. 이는 정책결정자가 정책결정을 함에 있어 구체적인 판단을 할 수 없을 때, 전문가의 의견을 수렴하여 종합적으로 파악해서 이를 정책결정 참고자료로 활용할 수 있다(김두현, 1998).

이종성(2006)은 델파이 기법에 대해 대면 토의과정에서 나타날 수 있는 바람직하지 못한 심리적 효과인 편승효과((band-wagon effect), 집단소음(group noise), 후광효과(halo effect) 등을 피하기 위한 조사연구방법이라 하였으며, 토

론집단이 복합적인 문제를 효과적으로 취급할 수 있도록 토론자 사이에 의사소통 과정을 구조화하는데 아래의 세 가지 특성을 활용할 수 있다고 하였다.

① 절차의 반복과 통제된 피드백: 전 단계의 델파이 조사결과를 요약하여 응답자에게 전달함으로써 핵심문제로부터의 이탈을 방지할 수 있으며, 주제에 대한 지속적인 관심과 사고를 촉진할 수 있고, 무의미한 주장을 억제할 수 있다 (Dalkey, 1976 cited in 구수용, 2010).

② 응답자의 익명: 질문지나 컴퓨터 온라인과 같은 형식으로 의사소통채널을 사용하여 집단 구성원의 의견을 수렴하여 참여자들 간에 델파이 과정이 끝날 때까지 서로를 알지 못하게 함으로써 반대에 직면하거나 지배적인 개인의 영향을 감소시킬 수 있다.

③ 통계적 집단반응: 동조에 대한 집단압력을 제거함은 물론 각 개인의 의견이 최종결과에 나타난다는 것을 확신시키기 위하여 집단 반응을 분석, 제시함으로써 주관적 판단을 종합하여 비교적 객관적인 확률분포로 전환시킬 수 있다.

이에 델파이에 참여한 전문가는 델파이 절차가 반복되는 동안 피드백 된 전 회의 통계적 집단반응과 소수의견 보고서를 참고하여 다음 회에 자기 판단을 수정·보완할 수 있는 기회를 갖는다. 델파이를 이용한 조사는 일반적으로 동일 대상자에게 계속적으로 2~3회 실시하는데 각 조사는 전문가로부터 도출된 정보를 토대로 실시되므로 조사의 횟수가 거듭될수록 예측이 압축되거나 서로 접근하게 된다(김정수, 2008).

또한 델파이 기법은 정확하고 엄밀한 연구 분야에 대해 문제점과 방향을 제시하고자 선정된 전문가들의 의견을 반복 수렴함으로써 그룹 차원에서 결론을 내리는 분석방법으로 널리 사용된다(wetherbe, 1996 cited in 구수용, 2010).

종합하면, 델파이 기법은 면밀한 계획 하에 익명의 전문가집단에게 반복된 설문과 전 회의의 설문결과에 대한 피드백을 제공함으로써, 조사 대상자들이 한자리에 모여 논의하지 않아도 집단 구성원의 합의를 유도해 낼 수 있는 일종의 집단협의 방식의 대안적 조사방법이다. 몇 번의 조사를 거치면서 서로 정보를 교환하고 마지막 조사에서 얻어진 정보를 최종 결과로 삼아 각각의 대안이

가져올 효과와 방향을 예측하여 모든 대안의 수용 가능성을 검토하는데 이용된다(Strauss & Zeigler, 1975 cited in 구수용, 2010).

델파이 기법을 적용하려고 할 때 가장 중요한 문제로는 ① 전문가집단을 선정하는 일, ② 추정하려는 문제를 가능한 한 좁게 구체적으로 정의하는 것, ③ 절차를 반복함에 따른 전문가 응답의 이탈 방지에 유의하여 적용해야 한다(이종성, 2006).

### 2.3.2 델파이 기법의 시행절차 및 분류

델파이 기법의 시행절차는 상황에 따라 적절히 변형시켜 실시하는 것이 바람직하지만 일반적으로 1단계에서는 관련 자료를 참고로 1차 설문지를 배포하며, 2단계에서는 1차 반응의 결과를 통계분석 하고 1차 결과 분석과 전문적 정보를 통해 2차 설문지를 구성하여 배포한다. 마지막 3단계에서는 2차 응답을 통계·분석하여 3차 설문지를 구성·배포하여 최종 결론을 도출하는 방법으로 (Table 4)와 같은 단계를 거친다(강용주, 2008).

**Table 4** The procedure of delphi research

단계	시행 절차
1단계	해결하고자 하는 연구문제에 해당하는 전문가집단 구성 후, 구성원들의 상호접촉을 하지 않고 연구문제에 대한 개방형 질문에 응답토록 하여 자료 수집
2단계	제 1단계 질문의 응답을 정리 및 분석하여 구조화된 폐쇄형 질문으로 구성하여 다시 전문가집단에 질문의 각 항목 내용의 중요성, 희망, 가능성 등에 대하여 동의하는 강도를 평정하도록 한다.
3단계	2단계에서 회수한 반응에 대하여 집중경향과 변산도(중앙값과 사분 범위)를 산출한다. 3번째 설문에는 전문가집단에 각 질문의 집중경향과 변산도 측정값과 본인의 반응을 제공하여 수정할 수 있게 한다. 또한 사분점 범위에서 벗어날 경우 그 이유를 제시하도록 한다.

델파이 기법은 합의 델파이, 규범형 델파이, 정책 델파이 3가지 형태로 분류되며 그 내용은 다음과 같다(이종성, 2006).

### 2.3.2.1 합의 델파이

철학자 로크의 경험과학에 기초하여 진리는 실험적이라는 철학이다. 합의 델파이는 어떠한 사안에 대해 합의점을 도출해내야 할 경우 적합한 조사방법이다. 합의 델파이에서 중요한 것은 전차 설문응답에 대한 피드백과 함께 설문을 반복하여 다원화되어 있는 전문가들의 의견을 통합하는 일이며, 동일한 전문성을 가진 전문가집단이 요구되고 전문가들이 변화 가능한 사안이나 변화할 진술문을 적어내도록 요구하는 1차의 개방형 질문이 명확하게 정의되도록 해야 한다.

### 2.3.2.2 규범형 델파이

칸트의 실천적 철학에 기초한 규범형 델파이는 사안에 대하여 가능한 한 광범위한 전망과 종합적인 관점을 구하기 위해 대안들을 수집하는 조사방법으로 전문가집단의 합의를 강조하는 합의 델파이와는 달리 의견의 합의와 수렴보다는 대안을 강조한다. 규범형 델파이는 문제에 대한 광범위한 의견 수렴이 가능하도록 상이한 전공이나 전문성을 가진 전문가집단을 필요로 한다. 교육기관의 목적과 목표의 조사, 교육기관의 현재와 미래의 역할 연구, 종합계획 수립과 교육문제 연구에 적합한 조사도구이다.

### 2.3.2.3 정책 델파이

진리가 갈등적이라는 헤겔의 철학에 기본이념을 두고 정책 델파이는 정책결정에는 전문가가 없으며 다만 지지자와 반대자가 있을 뿐이라는 주장이다. 다양한 정책 대안이나 자원분배에 대하여 찬·반 주장을 수립할 수 있도록 설계된다. 정책에 대하여 존재할 수 있는 모든 상이한 여러 가지 견해를 표출시켜, 각각의 대안이 가져올 효과와 방향을 예측하며, 모든 대안의 수용 가능성을 검토하는데 주력한다.

## 2.4 선행연구 고찰

해군의 해난구조 발전에 대한 선행연구를 살펴본 결과는 다음과 같다.

교육훈련 분야에서 박정식(2008)은 잠수의 개념 변화 및 잠수체계의 발전추세

를 고찰하여 잠수 교육훈련체계의 현 실태 및 문제점, 선진사례를 분석하여 잠수의 역할에 부합하는 잠수 교육훈련체계 발전방향 제시하였다.

잠수함 구조 분야에서 장형진(2009)은 각국의 심해구조잠수정 현황과 능력을 조사하였고, 한국 해군이 보유하고 있는 심해구조잠수정 능력과 세계 각국의 심해구조잠수정 능력을 비교·분석하여 한국 해군 여건과 특성에 적합한 심해구조잠수정 발전방향 제시하였다.

그리고 서병우(2009)는 한국 해군의 잠수함 구조능력과 세계 각국의 잠수함 구조능력을 비교·분석하여 한국 해군 여건과 특성에 적합한 잠수함 구조능력 발전방향을 제시하였다.

포화잠수 분야에서 편필장(2012)은 한국 해군의 포화잠수체계와 세계 주요국들의 포화잠수 체계를 비교·분석하여 향후 우리나라 해군 포화잠수체계의 발전방향을 제시하였다.

그리고 유호휘(2015)는 해군의 해난구조 잠수능력 증진을 위하여 현 구조전력이 보유한 잠수체계의 제한점을 개선하기 위한 이동식 포화잠수체계의 요구조건, 표준구성, 도입 및 활용방안 제시하였다.

해난구조 역량 분야에서 정주성(2012)은 해군이 실시한 실제 구조사례를 분석하고, 한국 해군의 해난구조 능력과 타 기관, 외국 해난구조 능력을 비교 분석하여 발전방향을 제시하였다.

잠수기술 관련 분야에서 김태현(2013)은 해군 구조 잠수체계인 표면공급 잠수 플랫폼의 함위 유지에 대한 제한사항을 해결하기 위해 소형선박을 이용해 플랫폼의 안정성을 확보하는 방안을 제시하였고, 또한 개방회로 공기 스쿠버의 수심과 잠수시간에 대한 제한사항을 개선하기 위해 테크니컬 잠수체계를 적용하는 방안을 제시하였다.

잠수기기 발전 분야에서 우제삼(2015)은 국내·외에서 운용중인 대표적인 수중무인탐사기의 현황과 운용사례를 조사하였고, 수중무인탐사기 운용과 해양환경과의 관계를 고찰하여 해군이 보유하고 있는 수중무인탐사기의 효과적인 운용 방안을 제시하였다.

해군의 해난구조 발전에 대한 선행연구 결과를 요약하면 (Table 5)와 같다.

**Table 5** Former studies about NAVY salvage diving system

연구자	논 제	연구결과
박정식 (2008)	해군 잠수의 역할과 잠수 교육훈련체계 발전 방향	잠수 교육훈련체계의 현 실태 및 문제점, 선진사례를 분석하여 잠수의 역할에 부합하는 잠수 교육훈련체계 발전방향 제시
장형진 (2009)	대한민국 해군 심해구조잠수정의 현황 및 발전방향	각국의 심해구조잠수정 능력과 한국 해군이 보유하고 있는 심해구조잠수정 능력을 비교·분석하여 한국 해군 여건과 특성에 적합한 심해구조잠수정 발전방향 제시
서병우 (2009)	대한민국 해군 잠수함 구조능력 발전방향에 관한 연구	각국의 잠수함 구조능력과 발전방안을 비교·분석하여 한국 해군 여건과 특성에 적합한 잠수함 구조능력 발전방향 제시
편필장 (2012)	대한민국 해군 포화잠수 체계 현황과 발전방향	우리나라 해군과 세계 주요국들의 포화잠수 체계를 비교·분석하여 향후 우리나라 해군 포화잠수 체계의 발전방향 제시
정주성 (2012)	해난구조 능력 분석과 실 사례 분석을 통한 구조 효율성 향상에 관한 연구	현 해난구조 능력을 타 기관, 외국 구조능력과 비교하고, 실 구조사례를 분석하여 해군의 해난구조 발전방향 제시
김태현 (2013)	Technical 잠수기술과 소형 플랫폼을 이용한 해난구조 활동 효율성 제고 방안 연구	해군 구조 잠수체계인 표면공급 잠수와 개방회로 공기스쿠버의 제한사항을 개선하기 위해 함위 유지에 대한 안정성 확보와 테크니컬 잠수체계 적용 등의 방안을 제시하여
유호휘 (2015)	이동식 포화잠수장비 도입을 통한 해난구조 발전방안	해군의 해난구조 잠수능력 증진을 위하여 현 구조전력이 보유한 잠수체계를 개선하기 위한 이동식 포화잠수체계의 요구조건, 표준구성, 도입 및 활용방안 제시
우제삼 (2015)	한국 연·근해의 구조작전에서 해군 수중무인탐사기(ROV)의 효율성에 관한 연구	수중무인탐사기의 현황과 운용사례를 확인하고, 수중무인탐사기 운용과 해양환경과의 관계를 고찰하여 해군이 보유하고 있는 수중무인탐사기의 운용 가능성을 분석함으로써 효율성 제고

다음으로 나이트록스 잠수기법에 대한 선행연구를 살펴본 결과는 다음과 같다.

미 해군의 구조잠수 분야로 NAVY Experimental Diving Unit (NEDU) (1991)은 나이트록스 잠수기법에 대한 운용절차와 장비를 연구하기 위해 미 해군의 실험 잠수부대의 잠수사들을 대상으로 나이트록스에 대한 교육을 실시하였고, 개방

수역에서의 잠수를 실시하였으며, 미 해군에 적용 필요성에 대한 세미나를 통해 위험성, 효율성, 제한사항, 도입에 대한 희망정도 등에 대한 결과를 도출하였다.

레크리에이션 잠수 분야에서 Lang (2001)은 2000년에 дай버 안전을 위한 세계적인 비영리단체인 DAN(Divers Alert Network)의 후원으로 나이트록스 워크숍을 주관하고 그 결과를 정리하였다. 전 세계의 나이트록스를 사용하는 각 다이빙 단체의 대표들과 다이빙 관련 저명한 학자들과 함께 전 세계적인 나이트록스 시장의 규모를 확인했고, 다이빙 안전과 관련하여 공기와 비교하였을 때 감압병의 발생 확률 비교하였으며, 이산화탄소 축적에 관련된 문제, 산소중독에 관련된 문제, 산소의 마취효과 등에 관련된 내용과 교육훈련 방법에 대한 쟁점 사항 등을 주제로 회의를 진행하였으며 그 결과를 정리하여 제공하였다.

그리고 Lang (2006)은 2000년에 실시한 DAN 주관 나이트록스 다이빙 워크숍 이후 2005년까지 5년간 나이트록스 다이빙 관련 시장 규모의 변화와 다이빙 안전 관련 감압병 발생률 변화, 산소중독 사고 발생 현황 등의 갱신된 자료를 정리하여 제공하였다.

기체 제조 분야로 이준배 등 (2011)은 동해시 인근 약 1마일 해상에서 다이버가 공기와 나이트록스로 잠수를 하던 중 실종되어 약 39m의 해저에서 변사체로 발견된 사건에 대해 변사자가 사용한 공기에 대한 성분을 기체 크로마토그래피 - 열전도도 검출기로 확인하여 사고에 대한 원인을 추정하는 연구를 진행하였고, 부주의에 의한 혼합비율 실수와 사용자의 호흡기체 성분 분석의 중요성을 제시하였다.

산업잠수 분야에서 우대회(2015)는 2008년에서 2010년 사이 거가대교 침매터널 수중공사 현장에서 감독관으로 근무하면서 수집한 651회의 나이트록스 잠수 자료를 회고분석 기법을 이용하여 분석하였고, 안전성 측면에서 공기 대신 나이트록스 사용으로 인한 이득이 무엇인지, 산업 잠수 현장에 나이트록스를 작업용 기체로 운용할 경우 작업 효율성이 어느 정도 개선될 것인지, 경제적 측면에서 나이트록스 기체 사용으로 인한 혜택이 무엇인지를 결과로 제시하였다.

나이트록스 잠수기법에 대한 선행연구 결과를 요약하면 (Table 6)과 같다.

**Table 6** Former studies about nitrox diving system

연구자	논 제	연구결과
LCDR James M. Chiak, USN (1991)	NAVY experimental diving unit report No. 03-91(US NAVY Nitrox diving applications)	미 해군에 나이트록스 잠수기법을 도입하기 위해 실험 잠수부대(NEDU)에서 나이트록스 다이빙을 실시하고 위험성, 효율성, 제한사항, 도입에 대한 희망정도 등에 대한 결과 제시
Michael A. Lang (2000)	DAN Nitrox Workshop proceedings	2000년 DAN 주관 나이트록스 다이빙 워크숍 실시 후 나이트록스 다이빙의 상업적 측면, 생리학적 측면 등에 대해 논의된 결과 정리
Michael A. Lang (2006)	The state of oxygen-enriched air(nitrox)	2000년 DAN 주관 나이트록스 다이빙 워크숍 이후 2005년까지 5년간 나이트록스 다이빙 관련 시장 규모의 변화와 산소중독, 감압병 증세 등의 생리학적 측면에 대해 갱신된 자료 제공
이준배, 유재훈, 손성건 (2011)	Nitrox 공기통의 기체 분석에 의한 스쿠버다이빙 사망원인 추정에 관한 연구	나이트록스를 이용한 잠수 중 실종되어 약 39m의 해저에서 변사체로 발견된 사건에 대해 변사자가 사용한 공기에 대한 성분을 기체크로마토그래피 - 열전도도 검출기로 확인하여 사고의 원인 추정
우대회 (2015)	거가대교 침매터널 잠수작업에서의 나이트록스 사용 사례 분석	2010년 거가대교 침매터널 작업 현장에서 사용한 나이트록스 잠수 자료를 분석하여 잠수작업의 안전성, 효율성 및 경제성 평가 제시

다음으로 델파이 기법에 대한 선행연구를 살펴본 결과는 다음과 같다.

교육 분야에서 최원경(2009)은 전문가들의 합의된 결과를 정리하여 영어영재성의 개념에 대한 구성 요소를 밝히고, 영어영재 판별 및 교육 프로그램의 방향을 제시하였다.

그리고 최유정(2016)은 고교 무상교육의 주요 이해관계자들을 대상으로 조사를 실시하여 추후 고교 무상교육을 실행하는 데 필요한 요인들과 기대효과, 효과적이고 효율적인 운영 방안, 전반적인 인식 및 도입 시기, 필요성에 따른 파급효과를 제시하였다.

체육 분야에서 구수용(2010)은 엘리트 야구의 문제점과 개선 방안, 개선 방안 에 대한 변화 가능성과 희망정도를 분석하여 엘리트 야구선수의 지원체제 구축

방안을 제시하였다.

다음으로 배종환(2010)은 엘리트 탁구의 문제점과 개선 방안, 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망정도를 분석하여 엘리트 탁구의 발전 방안을 제시하였다.

또한 석명규(2012)는 질적 연구 방법을 사용하여 한국대학골프연맹 대회 활성화를 위해 문제점을 도출하고 개선 방안을 분석하여 궁극적으로 한국대학골프연맹 대회가 활성화 될 수 있는 방안을 제시하였다.

그리고 이명철(2014)은 텔파이 기법을 활용하여 마리나 및 해양스포츠센터의 지도자, 프로그램, 시설 요인에 대한 개선 방안을 제시하였고, 또한 정책적인 측면에서 해양스포츠 발전을 위한 마리나 및 해양스포츠센터 개선 방안을 제시하였다.

사회과학 분야로 김민철(2012)은 농촌관광객들의 전반적인 만족도와 재방문, 농산물 구매 및 직거래에 상관관계가 높은 접점을 분석하여 농촌관광의 활성화 방안을 제시하였다.

그리고 박성규(2014)는 UHD TV 차세대 방송 도입을 위한 정책수립과 관련하여 서비스 목표와 환경구축 목표를 포함하여 반드시 고려되어야 할 요소들을 조사하고 향후 바람직한 방송서비스가 제공되어 시청자의 혜택으로 돌아갈 수 있도록 효율적인 방안을 제시하였다.

텔파이 기법에 대한 선행연구 결과를 요약하면 (Table 7)과 같다.

Table 7 Former studies about delphi research

연구자	논 제	연구대상	연구결과
최원경 (2009)	델파이 방법을 활용한 영어영재에 관한 연구	영어교육 전문가 28명	영어영재들을 발굴하여 이들의 학문적 욕구를 충족시키고 국가의 발전에 이바지할 수 있는 올바른 교육의 방향 제시
구수용 (2010)	델파이 방법을 활용한 엘리트 야구선수의 지원체제 구축방안 모색	야구전문가 12명	엘리트 야구의 문제점과 개선 방안, 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망정도를 분석하여 엘리트 야구선수의 지원체제 구축방안 제시
배종환 (2010)	합의델파이 방법을 활용한 한국 엘리트 탁구 발전방안 모색	탁구전문가 23명	엘리트 탁구의 문제점과 개선 방안, 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망정도를 분석하여 엘리트 탁구의 발전방안 제시
석명규 (2012)	델파이 기법을 통한 한국대학골프연맹 대회 활성화 방안	골프관련 전문가 30명	한국대학골프연맹 대회 활성화를 위해 문제점을 도출하고 이를 개선하기 위한 방안 제시
김민철 (2012)	델파이 방법을 이용한 농촌관광의 고객 접점 도출 및 만족도와와의 상관관계 분석	농촌 전문가 10명	농촌관광객들의 전반적인 만족도와 재방문, 농산물 구매 및 직거래에 상관관계가 높은 접점을 분석하여 농촌관광의 활성화 방안 제시
이명철 (2014)	델파이 방법을 활용한 마리나 및 해양스포츠센터의 지도자, 프로그램, 시설에 관한 연구	해양스포츠 전문가 12명	델파이 방법을 활용하여 마리나 및 해양스포츠센터의 지도자, 프로그램, 시설 요인 개선 방안 제시
박성규 (2014)	델파이와 기술의 사회적 구성론 분석을 적용한 지상파 UHD TV 방송 도입에 관한 연구	방송통신 전문가 30명	UHD TV 방송 전환 추진을 유도하고, 바람직한 방송서비스가 제공되어 시청자의 혜택으로 돌아갈 수 있도록 효율적인 방안 제시
최유정 (2016)	고등학교 무상교육 도입방안에 관한 교원 및 학부모의 인식 분석	교육 전문가 21명	교육 전문가들을 대상으로 고교 무상교육의 전반적인 인식 및 도입 시기, 필요성에 따른 파급효과 연구 및 시행방안 제시

## 제 3 장 연구방법

### 3.1 연구대상

본 연구는 델파이 기법을 활용하여 해난구조 전문가집단을 통해 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하기 위해 2016년 현재 해군 해난구조대에 근무하고 있는 전문가집단을 모집단으로 선정하고 비확률적 표집(non-probability sampling), 즉 눈덩이 표집(snowballing sampling)을 이용하여 해난구조작전 지휘관 3명, 해난구조작전 팀장 및 작전 계획 수립자 3명, 인원·장비관리 실무자 및 잠수사 3명, 총 9명을 대상으로 조사, 연구를 실시하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 (Table 8)과 같다.

**Table 8** Assemble Panels of “Expert”

구 분	표집인원 (총 9명)	대상 전문가
해난구조작전 지휘관	3명	해난구조 장교(중령 ~ 대령)
해난구조작전 팀장 및 작전 계획 수립자	3명	해난구조 장교(대위 ~ 소령)
인원·장비관리 실무자 및 잠수사	3명	해난구조 준사관, 부사관 (준위, 상사 ~ 원사)

### 3.2 조사도구

#### 3.2.1 1차 델파이 설문지 구성

본 연구에서 사용된 조사도구는 설문지이며, 1~3차 설문문항은 이종성(1987)이 개발한 한국고등학교 미래 추정의 델파이 기법 개방형 설문지를 기초로 한, 강성일(2005)과 주석범(2006)의 연구에서 사용된 설문지의 문항을 본 연구에 적

합하게 수정·보완하여 사용하였다.

1차 설문지는 전문가에게 설문의 부담을 덜어주고, 응답의 일정한 틀을 제공하여 최소한의 공통 판단 기준을 갖도록 하기 위하여 연구자가 사전 문헌조사를 통해 쟁점화 되고 있는 사안을 바탕으로 나이트록스 잠수기법의 안전성 측면, 운용 및 교육훈련 측면, 제조방식 측면, 장비 도입에 대한 인식 측면 4가지 영역으로 구성하였다. 1차 설문지의 구성 내용은 (Table 9)와 같다.

Table 9 Example of 1st-round delphi question

1차 델파이 설문지(문제점)
1-1 귀하께서는 현재 <u>나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점</u> 은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.
①
②
③
④
⑤

1차 델파이 설문지(개선 방안)
1-2 귀하께서는 현재 <u>나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선 방안</u> 은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.
①
②
③
④
⑤

### 3.2.2 2차 델파이 설문지 구성

2차 델파이 설문지는 1차 델파이 조사에 응답한 전문가들의 의견을 토대로 취합하여 설문 문항을 작성하였다. 응답 방법은 첫째, 변화 가능성 정도를 ‘거의 불가능하다’ 부터 ‘거의 확실하다’ 까지 Likert 5단계로 설정하였다. 둘째,

그와 같은 변화에 대한 참여자들의 희망 척도에 대한 응답은 ‘유해하다’ 부터 ‘꼭 필요하다’ 까지 4단계로 설정하였는데 이는 응답자가 중간의 입장을 취할 수 없게 하기 위함이다. 위 내용의 응답척도와 2차 설문지의 예는 (Table 10), (Table 11)과 같다.

**Table 10** Measurement of 2nd-round delphi answers (이종성, 2006)

변화 가능성 정도			희망 척도	
변화 가능성	척도	확률(%)	희망	척도
거의 확실하다.	1	96이상	꼭 필요하다.	1
대단히 가능하다.	2	66-95	바람직하다.	2
가능성이 있다.	3	36-65	바람직하지 않다.	3
가능성이 희박하다.	4	6-35	유해하다.	4
거의 불가능하다.	5	5이하		

**Table 11** Example of 2nd-round delphi question

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지									
변화를 예상하는 항목	변화 가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실하다	대단히 가능하다	가능성이 있다	가능성이 희박하다	거의 불가능하다	꼭 필요하다	바람직하다	바람직하지 않다	유해하다
1차 설문지의 문제점에 대한 각 영역의 개선 방안 내용	1	2	3	4	5	1	2	3	4
			√			√			

### 3.2.3 3차 델파이 설문지 구성

3차 설문지 구성은 2차 설문지의 내용과 같은 문항의 변화 가능성에 대한 설문지를 되풀이하였다. 응답결과의 중앙치와 사분점간 범위를 산출하고 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 중앙 50%를 포함하는 점수 범위로, 해당 응답자의 응답은 X고, 각 항목마다 표기하여 대다수의 의견과 본인과의 의견을 비교할 수 있도록 하였다.

이때 사분점간 범위를 벗어난 응답의 경우, 기회를 부여하여 전문가 간 의견의 합의를 도출해 낼 수 있는 기회를 주었다. 만약 3차에 응답 하지 않고 2차

응답의 결과를 유지할 경우, 제시한 의견에 대한 이유를 밝히도록 하여 소수의 의견으로써 귀중한 자료로 활용하였고, 응답이 사분점간 범위를 벗어났을 경우 뿐만 아니라 벗어나지 않았을 경우에도 제시한 의견에 대한 이유를 밝히도록 하였다. 진술한 내용과 관련된 3차 설문지 내용은 (Table 12)와 같다.

Table 12 Example of 3rd-round delphi question

나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지					
<b>변화 가능성 척도</b>					
아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md 로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와 는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.					
나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전을 예상하는 항목	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
2차 설문의 문제점에 대한 각 영역의 개선 방안 내용	Md		x		
	1 . . . . .	2 . [ . . . . .	3] . . . . .	4 . . . . .	5 . . . . .
의견	1	2	3	4	5

### 3.2.4 설문지의 타당도

본 연구의 설문지 타당도를 확보하기 위하여 다음의 2가지 방법을 사용하였다.

첫째, 1~3차 델파이 설문지 문항들의 핵심적인 내용을 파악하기 위하여 설문지의 자료와 범주화에 대해 참여자의 검토 과정(Member Check)(Lincoln & Guba, 1985)을 거쳐 지적된 사항들을 수정함으로써 자료에 대한 일치성 여부 및 정확성을 유지하였다.

둘째, 수집된 설문지를 분석하고 해석하는 과정에서 연구자의 편견을 최소화하기 위하여, 해난구조대 장교 2명, 해난구조대 부사관 1명과 함께 설문지 자료에 대해 교차확인(Cross Check)(Lincoln & Guba, 1985)과 동료 협의(Peer Debriefing)(유정애, 2004)를 함으로써 자료의 진실성과 해석 고정의 오류를 재 검토하였다.

### 3.3 연구설계

본 연구의 목적을 달성하기 위하여 설정된 연구설계 과정은 (Fig. 4)와 같다.

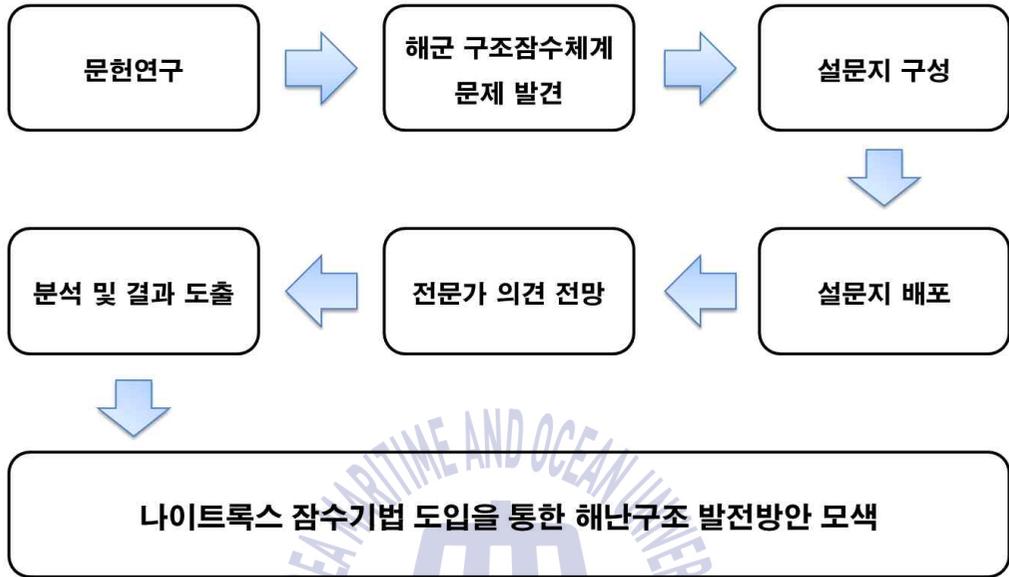


Fig. 4 Study design procedure

### 3.4 연구절차

본 연구는 델파이 기법을 활용하여 해군의 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하는 것이다. 먼저, 선행연구, 학술발표 자료에서 나이트록스 잠수기법에 대해 쟁점화 되고 있는 사안들에 대한 자료를 수집하여 문헌조사를 실시하였다.

이를 바탕으로 2016년 4월 1일부터 9월 30일까지 6개월간에 걸쳐 연구자가 해난구조 전문가를 대면하거나 전화상으로 연구의 목적과 설문 응답 요령, 주의사항에 대해 설명하고 설문지를 직접 또는 메일을 통해 전달하였다.

또한 본 연구에서 설문조사는 3차에 걸쳐 델파이 기법으로 실시되었는데, 본 연구에 적용한 절차를 요약하면 다음과 같다.

1차: 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하기 위해

도입에 대한 문제점과 그 문제점에 대한 개선 방안을 개방형 응답으로 작성하도록 하였다.

2차: 1차 설문에서 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 문제점과 개선 방안에 대해 전문가들이 인식하고 있는 내용을 종합하여 2차 설문지에 제시한 후 변화 가능성과 희망의 정도를 기입하도록 하였다.

3차: 3차 설문의 응답결과 사분점간 범위에서 벗어난 응답에 대해서는 재 추정하여 수정하고, 소수 의견을 제시하도록 하였다. 전문가집단 간 사안의 변화에 대한 희망의 차이가 있는지를 알아보았고 또한 3차 설문지의 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안으로 전망된 항목들에 대해 변화 가능성과 희망의 정도에 대한 전문가들의 최종적 의견을 작성하게 하였다.

### 3.5 수집된 자료의 분석

사례 및 문헌 조사를 통해 현 해군 잠수체계의 문제점을 발견한 후 설문지를 최종 완성한 후 연구자가 3차에 걸쳐 전문가들의 의견을 수집한 후, 수집된 설문 자료는 SPSS Window Program Ver. 24.0을 통해 통계처리 하였다. 집단 간 변화에 대한 차이의 모든 통계적 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다. 그 구체적인 내용은 다음과 같다.

첫째, 1차 설문지를 통해 수집된 3개 영역별 자료에 대해 전문가집단이 도출한 문제점과 개선 방안 내용을 항목별, 문항별로 빈도분석을 하였다.

둘째, 2차 설문지를 통해 수집된 자료로 개선 방안의 변화 가능성과 희망의 정도에 대한 중앙치, 평균점수를 구하였다. 변화 가능성 정도에 대해서는 (Table 13), (Table 14)의 선형 공식을 적용하여 백분율로 구분하였으며, 희망의 정도에 대해서는 (Table 15)의 평균을 적용하여 구하였다.

**Table 13** Linear formula of possibility of changes (이종성, 2006)

Likert-type 척도	%
1	96.00
2	73.25
3	50.50
4	27.75
5	5.00
선형 공식	$Y = -22.75X + 118.5$ X: Likert-type 척도상의 응답 Y: %

**Table 14** Classify into three groups by possibility of changes (이종성, 2006)

변화 가능성 확률(%)	변화 가능성 정도
67 이상	높다
51 ~ 66	있다
50 이하	낮다

**Table 15** Classify into three groups by mean value of wish for the change (이종성, 2006)

변화에 대한 희망 평균	희망 정도
2.000 이하	찬성
2.001 ~ 2.900	일부 찬성 & 일부 반대
2.901 이상	반대

## 제 4 장 연구결과

본 장에서는 연구문제를 기초로 하여 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난 구조 발전방안을 모색하기 위해 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점과 개선 방안, 개선 방안의 변화 가능성과 희망 정도를 분석하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

### 4.1 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점

#### 4.1.1 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점

1차 델파이 설문 중 현재 나이트록스 잠수기법의 안전성 측면에 대한 문제점이 무엇이라고 생각하는지 해난구조 전문가 9명의 응답 결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 16)과 같다.

Table 16 Safety issues about nitrox diving system

순위	나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점	N	%
1	산소 중독에 대한 위험	7	77.8
2	부정확한 기체 혼합 시 기체사고 위험	6	66.7
3	고압 산소 사용에 의한 화재와 폭발의 위험	4	44.4
3	잠수 중 MOD 미준수 시 위험	4	44.4
5	다이빙 계획이 복잡	3	33.3
6	산소에 의한 마취 발생 가능	2	22.2
6	장비에 대한 산소청결처리 필요	2	22.2
6	나이트록스 기체를 정확히 이해하지 않았을 때 위험	2	22.2
9	공기와 나이트록스 실린더 혼용 시 기체오염 위험	1	11.1

나이트록스 잠수기법의 안전성과 관련하여 전문가 9명 중 7명(77.8%)이 산소 중독에 대한 위험을 지적하였고, 그 다음으로 부정확한 기체 혼합 시 기체사고 위험 6명(66.7%), 고압 산소 사용에 의한 화재와 폭발의 위험 4명(44.4%), 잠수 중 MOD 미준수 시 위험 4명(44.4%), 다이빙 계획의 복잡성 3명(33.3%), 산소에 의한 마취 발생 가능성 2명(22.2%), 장비에 대한 산소청결처리의 필요성(22.2%), 나이트록스 기체를 정확히 이해하지 않았을 때 위험 2명(22.2%) 순으로 나타났다. 또한 전문가 중 1명은 공기와 나이트록스 실린더 혼용 시 기체오염 위험을 지적하였다.

#### 4.1.2 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점

1차 델파이 설문 중 현재 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련 측면에서의 문제점이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 17)과 같다.

**Table 17** Using and training issues about nitrox diving system

순위	예상되는 운용 및 교육훈련에 대한 문제점	N	%
1	군내 나이트록스 전문가 부재	4	44.4
1	교육과정이 복잡·다양해짐에 따른 어려움	4	44.4
3	국내에 산업잠수 분야의 나이트록스 잠수기법 교육기관 부재	3	33.3
4	등가공기수심(EAD) 적용으로 인한 번거로움	2	22.2
4	헬리옥스 잠수와 나이트록스 잠수 간 적용시기 판단 제한	2	22.2
4	미 해군 공기잠수 매뉴얼과 같은 명확한 잠수절차 미비	2	22.2
7	레크리에이션 잠수 형태의 나이트록스 SSDS 적용 제한	1	11.1
7	나이트록스 사용에 대한 법규 부재	1	11.1
7	군 내 도입 시 예산확보의 어려움	1	11.1

나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련상 문제점에 대해서 전문가 9명 중 4명(44.4%)이 군내 나이트록스 전문가 부재를 지적하였고, 또한 4명(44.4%)이 교육과정이 복잡·다양해짐에 따른 어려움을 지적하였다. 그 다음으로는 국내에 산업잠수 분야의 나이트록스 교육기관 부재 3명(33.3%), 잠수테이블 적용에 있

어 등가공기수심(EAD) 적용에 의한 번거로움 2명(22.2%), 헬리옥스 잠수와 나이트록스 잠수 간 합리적인 적용시기 판단 제한 2명(22.2%)의 내용 순으로 나타났다.

또한 전문가 1명만 의견을 제시한 내용으로는 레크리에이션 잠수 형태의 나이트록스를 SSDS에 적용 제한, 나이트록스 사용에 대한 법규 부재, 군 내 도입 시 예산 확보의 어려움을 운용 및 교육훈련에 대한 문제점으로 지적하였다.

#### 4.1.3 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점

1차 델파이 설문 중 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 18)과 같다.

**Table 18** Issues about partial pressure nitrox blending system

순위	부분압 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 문제점	N	%
1	순수산소를 사용하므로 취급에 주의(화재, 폭발 위험)	5	55.6
1	제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요	5	55.6
3	나이트록스의 잔압이 높은 상태에서 추가적인 충전이 어려움	4	44.4
3	실린더의 산소청결처리가 필요함	4	44.4
5	제조시간이 많이 소요됨	3	33.3
6	재사용 시 잔압에 의해 요구되는 농도로 정확한 제조 곤란	1	11.1
6	순수산소의 충전 속도가 너무 빠르지 않도록 조절 필요	1	11.1

부분압 방식 나이트록스 기체 제조에 대해서 전문가 9명 중 5명(55.6%)이 순수산소를 사용하므로 화재, 폭발 등의 위험으로부터 주의하여 취급해야 함을 지적하였고, 또한 5명(55.5%)이 제조가 번거롭고 제조자의 높은 숙련이 필요함을 지적하였다. 그 다음으로는 실린더 내에 나이트록스 잔압이 높은 상태에서 추가적인 충전이 어려움 4명(44.4%), 실린더의 산소청결처리가 필요함 4명(44.4%), 제조시간이 많이 소요됨 3명(33.3%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 1명만 의견을 제시한 내용으로는 재사용 시 잔압에 의해 요구되

는 농도로 정확한 제조 곤란, 순수산소의 충전 속도가 너무 빠르지 않도록 조절이 필요한 점을 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점으로 지적하였다.

#### 4.1.4 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점

1차 델파이 설문 중 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점이 무엇이라고 생각하고 있는지 해안구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 19)와 같다.

**Table 19** Issues about continuous nitrox blending system

순위	계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 문제점	N	%
1	산소 센서의 올바른 관리 필요(소모가 많음)	6	66.7
2	산소 측정기의 오작동(정확성 저하) 가능성	5	55.6
3	산소가 40% 이상 포함된 나이트록스 제조 제한	3	33.3
4	초기 설치비용이 많이 발생	2	22.2
4	일정한 충전 비율을 유지해야 하므로 지속적 모니터링 필요	2	22.2
6	밸브와 전기장치로 산소 누출 시 화재나 폭발 위험	1	11.1
6	압축기의 산소청결처리 필요	1	11.1
6	제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요	1	11.1

계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조에 대해서 전문가 9명 중 6명(66.7%)이 산소 센서의 올바른 관리가 필요하고, 관리 부실시 센서의 소모가 많을 수 있다는 점을 문제점으로 지적하였고, 그 다음으로는 산소 측정기의 오작동(정확성 저하) 가능성 5명(55.5%), 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스의 제조 제한 3명(33.3%), 초기 설치비용이 많이 발생 2명(22.2%), 일정한 충전 비율을 유지해야 하므로 지속적 모니터링이 필요 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 1명만 의견을 제시한 내용으로는 솔레노이드 밸브와 전기장치로 산소 누출 시 화재나 폭발 위험성, 압축기의 산소청결처리 필요성, 제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요성이 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점으로 지적되었다.

#### 4.1.5 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점

1차 델파이 설문 중 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 20)과 같다.

**Table 20** Issues about membrane nitrox blending system

순위	멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 문제점	N	%
1	제조 중 산소 함량의 지속적 모니터링 필요	5	55.6
2	고가의 멤브레인 필터 관리 주의 필요	4	44.4
3	초기 설치비용이 많이 발생	3	33.3
4	산소가 40% 이상 포함된 나이트록스 제조 제한	2	22.2
4	장비 설치에 넓은 공간 필요	2	22.2
4	시스템의 초기 예열시간이 30분 이상 소요	2	22.2
7	제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요	1	11.1

멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조에 대해서 전문가 9명 중 5명(55.5%)이 제조 중 산소 함량의 지속적 모니터링이 필요함을 문제점으로 지적하였고, 그 다음으로는 고가의 멤브레인 필터 관리 주의 필요 4명(44.4%), 초기 설치비용이 많이 발생 3명(33.3%), 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스의 제조 제한 2명(22.2%), 장비 설치를 위해 넓은 공간 필요 2명(22.2%), 시스템의 초기 예열시간이 30분 이상 소요 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 1명만 의견을 제시한 내용으로 제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련이 필요함이 멤브레인 방식 기체 제조의 문제점으로 지적되었다.

#### 4.1.6 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점

1차 델파이 설문 중 나이트록스라는 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 21)과 같다.

**Table 21** Understanding issues about introducing new diving system into the NAVY

순위	새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점	N	%
1	CNS 산소중독에 대한 과도한 불안감	4	44.4
2	익숙한 시스템에 젖어 새로운 잠수기법 도입에 대한 거부감	3	33.3
2	필요성에 대한 공감과 이해 부족	3	33.3
2	우리나라 해난구조 작전환경에 맞지 않다는 인식	3	33.3
5	공기에 비해 안전하지 않다는 인식	2	22.2
5	부주의에 의한 위험 발생 가능성에 대한 우려	2	22.2
5	잠수체계의 발전에 있어 경제성을 과도하게 고려	2	22.2
8	낮은 수심에서 사용되는 잠수기법에 대한 부정적 인식	1	11.1
8	높은 산소 함량에 따른 산소마취 증상 발생 가능성	1	11.1
8	화재와 폭발의 위험이 있는 고압 산소를 사용해야 한다는 부담	1	11.1
8	검증되지 않은 나이트록스 잠수테이블을 사용하는 불안감	1	11.1

새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대해서 전문가 9명 중 4명(44.4%)이 CNS 산소중독에 대한 과도한 불안감을 문제점으로 지적하였고, 그 다음으로는 익숙한 시스템에 젖어 새로운 장비 및 운용절차의 도입에 대한 거부감 3명(33.3%), 필요성에 대한 공감과 이해 부족 3명(33.3%), 우리나라 해난구조 작전환경에 맞지 않다는 인식 3명(33.3%), 공기에 비해 안전하지 않다는 인식 2명(22.2%), 부주의에 의한 위험 발생 가능성에 대한 우려 2명(22.2%), 잠수체계의 발전에 있어 경제성을 과도하게 고려 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명의 의견만을 제시한 내용으로 낮은 수심에 사용되는 잠수기법에 대한 부정적 인식, 높은 산소함량에 따른 산소마취 증상 발생 가능성, 화재와 폭발의 위험이 있는 고압 산소를 사용해야 한다는 부담, 검증되지 않은 나이트록스 잠수테이블을 사용해야 하는 불안감이 문제점으로 지적되었다.

## 4.2 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점에 대한 개선 방안

### 4.2.1 안전성에 대한 문제점의 개선 방안

1차 델파이 설문 중 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 22)와 같다.

**Table 22** Improvements regarding safety issues

순위	나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선 방안	N	%
1	정확한 이해와 운용방법 교육 필요	7	77.8
2	안전성이 인증된 혼합시스템 구축 필요	6	66.7
3	사용 전 직접 나이트록스 산소 함량을 분석하는 절차 준수	3	33.3
3	나이트록스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구	2	22.2
3	미 해군 공기잠수 테이블에 EAD를 적용한 잠수테이블 도입	2	22.2
3	운용자의 자격요건을 설정, 무자격자의 잠수 방지	2	22.2
7	고압 산소 사용 관련 안전대책 마련(화기엄금 등)	1	11.1
7	주기적인 산소청결처리 PMS 실시	1	11.1
7	일정 산소부분압 잠수만 적용하여 다이빙 계획을 단순화	1	11.1
7	나이트록스에 대한 규정, 법 제정(국내법)	1	11.1

나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선 방안에 대해서 전문가 7명(77.8%)이 정확한 이해와 운용방법 교육이 필요할 것이라고 전망하였고, 그 다음으로는 안전성이 인증된 혼합시스템 구축 필요 6명(66.7%), 사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소 함량을 분석하는 절차 준수 3명(33.3%), 나이트록스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구 2명(22.2%), 미 해군 공기잠수 테이블에 EAD를 적용한 잠수테이블 도입 2명(22.2%), 운용자의 자격요건을 설정, 무자격자의 잠수 방지 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 고압 산소 사용 관련 화기엄금 등의 안전대책 마련, 주기적인 산소청결처리 PMS 실시, 일정 산소부분압 잠수만 적

용하여 다이빙 계획을 단순화, 나이트룩스에 대한 규정, 국내법 제정이 나이트룩스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선 방안으로 전망되었다.

#### 4.2.2 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안

1차 델파이 설문을 통하여 나이트룩스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해안구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 23)과 같다.

**Table 23** Improvements regarding using and training issues

순위	운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안	N	%
1	나이트룩스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달	5	55.6
2	명확한 매뉴얼 작성 및 이행	4	44.4
2	국내·외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군 내 전문가 양성	4	44.4
3	병과정 및 초급과정에 적용 검토	3	33.3
5	산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견수렴	2	22.2
5	지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증	2	22.2
7	포화잠수와 같은 특수과 개설	1	11.1
7	담당교관의 나이트룩스 숙지도에 대한 평가제 실시	1	11.1
7	관련법 제정	1	11.1

나이트룩스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안에 대해서 전문가 5명(55.6%)이 나이트룩스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요할 것이라고 전망하였고, 그 다음으로는 명확한 매뉴얼 작성 및 이행 4명(44.4%), 권위 있는 국내·외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군 내 전문가 양성 4명(44.4%), 병과정 및 초급과정에 적용 검토 3명(33.3%), 산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견 수렴 2명(22.2%), 지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 포화잠수와 같은 특수과 개설, 담당교관의 나이트룩스 숙지도에 대한평가제 실시, 관련법 제정이 나이트룩스 잠수

기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안으로 전망되었다.

#### 4.2.3 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안

1차 델파이 설문 중 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 24)와 같다.

**Table 24** Improvements regarding Issues about partial pressure nitrox blending system

순위	부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안	N	%
1	산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육	6	66.7
1	안전성이 인증된 부분압 시스템 설치	6	66.7
3	산소 전용 장비를 사용, 주기적인 산소청결처리	3	33.3
4	추가적인 충전을 할 수 있도록 산소부스터펌프 사용	2	22.2
4	매뉴얼에 의한 충전절차 준수	2	22.2
6	산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용	1	11.1
6	나이트록스 전용 실린더 운용	1	11.1
6	고압 산소 취급 담당자를 중사 이상의 계급으로 지정	1	11.1
6	기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정	1	11.1

부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안에 대해 전문가 9명 중 6명(66.7%)이 산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육 필요를 전망하였고, 또한 6명(66.7%)이 안전성이 인증된 부분압 시스템 설치를 전망하였다. 그 다음으로는 산소 전용 장비를 사용, 주기적인 산소청결처리 3명(33.3%), 잔압이 높은 상태에서 추가적인 충전을 할 수 있도록 산소부스터펌프 사용 2명(22.2%), 매뉴얼에 의한 충전절차 준수 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용, 나이트록스 전용 실린더 운용, 고압 산소 취급 담당자를 중사 이상 계급으로 지정 운용, 기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로 전망되었다.

#### 4.2.4 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안

1차 델파이 설문 중 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 25)와 같다.

**Table 25** Improvements regarding Issues about continuous nitrox blending system

순위	계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안	N	%
1	주기적인 산소 센서의 성능 확인 및 교체	7	77.8
2	매뉴얼에 의한 충전절차 준수	5	55.6
3	솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검	4	44.4
4	제조시 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용	2	22.2
4	자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소	2	22.2
5	복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상	1	11.1
5	정규과정에 장비 운용법 교육	1	11.1
5	담당자 지정 후 주기적인 관리 및 교육	1	11.1
5	산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압 방식 운용 병행	1	11.1

계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안에 대해 전문가 9명 중 7명(77.8%)이 주기적인 산소 센서의 성능 확인 및 교체를 전망하였고, 그 다음으로는 매뉴얼에 의한 충전절차 준수 5명(55.6%), 솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검 4명(44.4%), 제조시 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용 2명(22.2%), 자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상, 정규 교육과정에 장비 운용법 교육, 담당자 지정 후 주기적인 관리 및 교육, 산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압 방식 운용 병행이 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로 전망되었다.

#### 4.2.5 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안

1차 델파이 설문 중 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 26)과 같다.

**Table 26** Improvements regarding Issues about membrane nitrox blending system

순위	멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안	N	%
1	체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화	5	55.6
2	산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압 방식과 병행 운용	3	33.3
3	전문 관리자 교육 및 양성	2	22.2
3	매뉴얼에 의한 운용절차 준수	2	22.2
3	자동화 시스템을 도입하여 모니터링 소요 감소	2	22.2
3	장기적 계획으로 도입	2	22.2
7	정규과정에 장비 운용법 교육	1	11.1

멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안에 대해 전문가 9명 중 7명(77.8%)이 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화를 전망하였고, 그 다음으로는 산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압 방식과 병행 운용 3명(33.3%), 전문 관리자 교육 및 양성 2명(22.2%), 매뉴얼에 의한 운용절차 준수 2명(22.2%), 자동화 시스템을 도입하여 모니터링 소요 감소 2명(22.2%), 장기적 계획으로 도입 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 정규과정에 장비 운용법 교육이 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로 전망되었다.

#### 4.2.6 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안

1차 델파이 설문 중 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안이 무엇이라고 생각하고 있는지 해난구조 전문가 9명의 응답결과를 빈도수가 높은 순으로 제시하면 (Table 27)과 같다.

**Table 27** Improvements regarding understanding issues about introducing new diving system into the NAVY

순위	새로운 잠수기법 도입의 해군 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안	N	%
1	효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적 인지도 개선	6	66.7
2	지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여	4	44.4
3	자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지	3	33.3
4	질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대	2	22.2
4	안전성이 인증된 시스템 구축	2	22.2
4	나이트록스 잠수기법 적용 계급 지정 및 교육과정 개설	2	22.2
7	현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명	1	11.1
7	잠수 테이블의 안전성 검증	1	11.1
7	나이트록스를 포함한 각 잠수기법별 운용수심에 대한 재논의	1	11.1
7	필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토	1	11.1

새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안으로 전문가 9명 중 7명(77.8%)이 효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적 인지도 개선을 전망하였고, 그 다음으로는 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여 4명(44.4%), 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지 3명(33.3%), 질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대 2명(22.2%), 안전성이 인증된 시스템 구축 2명(22.2%), 나이트록스 잠수기법 적용 계급 지정 및 교육과정 개설 2명(22.2%) 순으로 나타났다.

또한 전문가 중 1명이 답한 의견으로는 현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명, 잠수 테이블의 안전성 검증, 나이트록스를 포함한 각 잠수기법별 운용수심에 대한 재논의, 필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토가 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안으로 전망되었다.

### 4.3 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

#### 4.3.1 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문문을 통하여 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 안전성 분야의 변화 가능성과 희망의 정도를 조사한 결과는 (Table 28)과 같다.

Table 28 Wishes for the change regarding nitrox safety

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
5	미 해군 공기잠수 테이블에 EAD 적용이 필요할 것이다.	88.2	높다	1.222	찬성
7	고압 산소 사용 관련 안전대책을 마련해야 할 것이다.	88.2	높다	1.111	찬성
4	나이트록스에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요할 것이다.	83.1	높다	1.111	찬성
8	주기적인 산소청결처리 PMS 실시가 필요할 것이다.	83.1	높다	1.111	찬성
6	자격요건을 설정, 무자격자의 잠수를 방지해야 할 것이다.	80.6	높다	1.000	찬성
1	정확한 이해와 운용방법 교육이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.333	찬성
2	안정성이 인증된 혼합시스템 구축이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.222	찬성
3	사용 전 산소함량을 분석하는 절차 준수가 필요할 것이다.	78.1	높다	1.444	찬성
9	일정 산소 부분압 잠수만 적용하여 단순화가 필요할 것이다.	62.9	있다	1.667	찬성
10	나이트록스에 대한 규정, 법 제정이 필요할 것이다.	47.7	낮다	1.556	찬성

10개의 문항을 전문가집단이 나이트록스 잠수기법 도입에 대해 안전성에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 8개, 변화 가능성이 있다는 문항 1개, 변화 가능성이 낮다는 문항은 1개로 나타났다.

변화 가능성이 높다고 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “미 해군 공기잠수 테이블에 EAD 적용한 잠수테이블 도입이 필요할 것이다.” (88.2%), “고압 산소 사용 관련 안전대책을 마련(화기엄금 등)해야 할 것이다.” (88.2%), “나이트록스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요할 것이다.” (83.1%), “주기적인 산소청결처리 PMS 실시가 필요할 것이다.” (83.1%), “운용자의 자

격요건을 설정, 무자격자의 잠수를 방지해야 할 것이다.” (80.6%), “정확한 이해와 운용방법 교육이 필요할 것이다.” (78.1%), “안정성이 인증된 혼합시스템 구축이 필요할 것이다.” (78.1%), “사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소함량을 분석하는 절차 준수가 필요할 것이다.” (78.1%) 순으로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항은 “일정 산소부분압 잠수만 적용한 다이빙 계획의 단순화가 필요할 것이다.” (62.9%)로 나타났다.

변화 가능성이 낮게 나타난 문항은 “나이트록스에 대한 규정, 법 제정(국내법)이 필요할 것이다.” (47.7%)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

#### 4.3.2 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문문을 통하여 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 운용 및 교육 훈련에 대한 변화 가능성과 희망의 정도를 조사한 결과는 (Table 29)와 같다.

**Table 29** Wishes for the change regarding nitrox using and training

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
1	정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요할 것이다.	83.1	높다	1.111	찬성
2	명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요할 것이다.	80.6	높다	1.111	찬성
3	지속적 사용을 통한 안전성 및 효율성 검증이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.111	찬성
4	국내·외 기관 위탁교육으로 전문가 양성이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.444	찬성
5	병과정 및 초급과정에 적용 검토가 필요할 것이다.	60.4	있다	2.000	찬성
6	산업잠수 전문가 초빙교육 및 의견수렴이 필요할 것이다.	57.8	있다	1.889	찬성
6	담당교관의 숙지도 평가 실시가 필요할 것이다.	57.8	있다	1.889	찬성
8	포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.	55.3	있다	2.111	일부찬성 & 일부반대
9	관련법 제정이 필요할 것이다.	47.7	낮다	1.778	찬성

9개의 문항을 전문가집단이 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 4개, 변화 가능성이 있다는 문항 4개, 변화 가능성이 낮다는 문항은 1로 나타났다.

변화 가능성이 높다고 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요할 것이다” (83.1%), “명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요할 것이다.” (80.6%), “지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증이 필요할 것이다.” (78.1%), “권위 있는 국내·외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성이 필요할 것이다.” (78.1%)로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “병과정 및 초급 과정에 적용 검토가 필요할 것이다.” (60.4%), “산업잠수 전문가에 의한 초빙 교육 및 의견수렴이 필요할 것이다.” (57.8%), “담당교관의 나이트록스 숙지도에 대한 평가제 실시가 필요할 것이다.” (57.8%), “포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.” (55.3%)로 나타났다.

변화 가능성이 낮게 나타난 문항은 “관련법 제정이 필요할 것이다.” (47.7%)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 7번 문항 “포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.” (55.3%)에서 일부 찬성 및 일부 반대하는 것으로 나타났고, 그 외 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

#### 4.3.3 부분압 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문을 통하여 부분압 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도를 조사한 결과는 (Table 30)과 같다.

9개의 문항을 전문가집단이 부분압 방식 나이트록스 기체 제조에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 8개, 변화 가능성이 있다는 문항 1개로 나타났다.

Table 30 Wishes for the change regarding partial pressure nitrox blending

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
3	산소 전용장비 사용, 주기적 산소청결처리가 필요할 것이다.	83.1	높다	1.000	찬성
1	산소 취급 및 충전에 대한 올바른 교육이 필요할 것이다.	80.6	높다	1.111	찬성
2	안전성이 인증된 부분압 시스템 설치가 필요할 것이다.	78.1	높다	1.222	찬성
5	매뉴얼에 의한 충전절차 준수가 필요할 것이다.	73.0	높다	1.333	찬성
9	기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 필요할 것이다.	73.0	높다	1.222	찬성
6	산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용이 필요할 것이다.	70.5	높다	1.111	찬성
7	나이트록스 전용 실린더 확보/운용이 필요할 것이다.	70.5	높다	1.556	찬성
4	추가 충전 가능하도록 부스터펌프 사용이 필요할 것이다.	67.9	높다	1.778	찬성
8	고압 산소 취급 담당자 지정 운용이 필요할 것이다.	65.4	있다	1.556	찬성

변화 가능성이 높게 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “산소 전용 장비를 사용, 주기적인 산소청결처리가 필요할 것이다.” (83.1%), “산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육이 필요할 것이다.” (80.6%), “안전성이 인증된 부분압 시스템 설치가 필요할 것이다.” (78.1%), “매뉴얼에 의한 충전절차 준수가 필요할 것이다.” (73.0%), “기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 필요할 것이다.” (73.0%), “산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용이 필요할 것이다.” (70.5%), “나이트록스 전용 실린더 확보/운용이 필요할 것이다.” (70.5%), “잔압이 높은 상태에서 추가 충전 가능하도록 산소부스터펌프 사용이 필요할 것이다.” (67.9%)로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항은 “고압 산소 취급 담당자 지정 운용이 필요할 것이다.” (65.4%)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

#### 4.3.4 계속호름 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문을 통하여 계속호름 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변

화 가능성과 희망의 정도를 조사한 결과는 (Table 31)과 같다.

**Table 31** Wishes for the change regarding continuous nitrox blending

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
3	밸브와 전기장치의 주기적인 점검이 필요할 것이다.	85.6	높다	1.111	찬성
1	산소 센서의 성능 확인 및 교체시기 설정이 필요할 것이다.	83.1	높다	1.000	찬성
2	매뉴얼에 의한 충전절차 준수가 필요할 것이다.	83.1	높다	1.000	찬성
6	복수 산소센서 운용을 통한 정확도 향상이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.444	찬성
8	담당자 지정 후 주기적인 관리 및 교육이 필요할 것이다.	78.1	높다	1.222	찬성
4	제조시 대용량 스토리지에 저장 후 사용이 필요할 것이다.	70.5	높다	1.667	찬성
7	정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.	67.9	높다	1.333	찬성
5	자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소가 필요할 것이다.	62.9	있다	1.667	찬성
9	산소 40% 이상은 부분압 방식 운용이 필요할 것이다.	52.8	있다	2.111	일부찬성 & 일부반대

9개의 문항을 전문가집단이 계속호름 방식 나이트록스 기체 제조에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 7개, 변화 가능성이 있다는 문항 2개로 나타났다.

변화 가능성이 높게 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검이 필요할 것이다.” (85.6%), “산소 센서의 성능을 확인하고 교체시기 설정이 필요할 것이다.” (83.1%), “매뉴얼에 의한 충전절차 준수가 필요할 것이다.” (83.1%), “복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상이 필요할 것이다.” (78.1%), “담당자 지정 후 주기적인 관리 및 교육이 필요할 것이다.” (78.1%), “제조시 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용이 필요할 것이다.” (70.5%), “정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.” (67.9%)로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항은 “자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소가 필요할 것이다.” (62.9 %), “산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압

방식 운용 병행 운용이 필요할 것이다.” (52.8 %)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 9번 문항 “산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분 압 방식 운용 병행 운용이 필요할 것이다.” (52.8 %)에서 일부 찬성 및 일부 반대하는 것으로 나타났고, 그 외 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

#### 4.3.5 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문을 통하여 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도를 조사한 결과는 (Table 32)와 같다.

**Table 32** Wishes for the change regarding membrane nitrox blending

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
4	운용절차를 준수하고 숙달이 필요할 것이다.	83.1	높다	1.111	찬성
3	전문 관리자 교육 및 양성이 필요할 것이다.	80.6	높다	1.111	찬성
1	체계적인 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요할 것이다.	73.0	높다	1.222	찬성
7	정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.	73.0	높다	1.444	찬성
6	장기적 계획으로 도입이 필요할 것이다.	67.9	높다	1.444	찬성
5	자동화 시스템 도입이 필요할 것이다.	65.4	있다	1.667	찬성
2	충전방식 혼용하여 높은 농도의 나이트록스 제조가 필요할 것이다.	57.8	있다	1.889	찬성

7개의 문항을 전문가집단이 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 5개, 변화 가능성이 있다는 문항 2개로 나타났다.

변화 가능성이 높게 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “운용절차를 준수하고 숙달이 필요할 것이다.” (83.1%), “전문 관리자 교육 및 양성이 필요할 것이다.” (80.6%), “주기적이고 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요할 것이다.” (73.0%), “정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.” (73.0%), “장기적 계획으로 도입이 필요할 것이다.” (67.9%)로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항은 “산소함량을 확인하는 시간을 줄일 수 있도록 자동화 시스템 도입이 필요할 것이다.” (65.4%), “다른 충전방식과 혼용하여 높은 산소 농도의 나이트록스 제조가 필요할 것이다.” (57.8%)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

#### 4.3.6 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 변화 가능성과 희망의 정도

3회의 델파이 설문을 통하여 나이트록스라는 새로운 잠수기법 도입 대한 해군 인식 상의 변화 가능성과 희망의 정도에 대한 결과는 (Table 33)과 같다.

**Table 33** Wishes for the change regarding understanding issues about introducing new diving system into the NAVY

항목 번호	항목 내용	변화 가능성 (%)	가능성 정도	변화에 대한 희망	희망 정도
5	안정성이 인증된 시스템 구축이 필요할 것이다.	83.1	높다	1.000	찬성
10	필요성, 안전성, 경제성의 종합적 검토가 필요할 것이다.	78.1	높다	1.222	찬성
1	정확한 교육을 통한 점진적인 인지도 개선이 필요할 것이다.	75.5	높다	1.333	찬성
7	공기잠수 방식의 보완이 필요하다는 설명이 필요할 것이다.	75.5	높다	1.222	찬성
3	무자격자의 잠수 방지가 필요할 것이다.	73.0	높다	1.444	찬성
9	각 잠수기법별 운용수십에 대한 재논의가 필요할 것이다.	73.0	높다	1.222	찬성
2	지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여가 필요할 것이다.	67.9	높다	1.333	찬성
8	테이블의 안전성 검증이 필요할 것이다.	67.9	높다	1.111	찬성
4	질소마취, 산소중독에 대한 연구 및 교육이 필요할 것이다.	65.4	있다	1.333	찬성
6	교관확보 및 교육과정 개설이 필요할 것이다.	57.8	있다	1.444	찬성

10개의 문항을 전문가집단이 새로운 잠수기법 도입 대한 해군 인식에 관련된 문항으로 응답하였는데 변화 가능성이 높다는 문항 8개, 변화 가능성이 있다는 문항 2개로 나타났다.

변화 가능성이 높게 나타난 문항을 빈도순으로 살펴보면 “안정성이 인증된 시스템 구축이 필요할 것이다.” (83.1%), “필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토가 필요할 것이다.” (78.1%), “효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선이 필요할 것이다.” (75.5%), “현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 설명이 필요할 것이다.” (75.5%), “자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지가 필요할 것이다.” (73.0%), “나이트록스를 포함한 각 잠수기법 별 운용수심에 대한 재논의가 필요할 것이다.” (73.0%), “지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여가 필요할 것이다.” (67.9%), “테이블의 안전성 검증이 필요할 것이다.” (67.9%) 순으로 나타났다.

변화 가능성이 있다고 나타난 문항은 “질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대가 필요할 것이다.” (65.4%), “나이트록스 잠수기법 적용 계급에 대한 교관확보 및 교육과정 개설이 필요할 것이다.” (57.8%)로 나타났다.

희망의 정도에 있어서는 모든 문항에서 찬성하는 것으로 나타났다.

## 제 5 장 논 의

본 장에서는 앞서 검정된 결과 분석에 기초하여 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안을 모색하기 위해 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점과 문제점에 대한 개선 방안, 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에 대하여 다음과 같이 논의하고자 한다.

### 5.1 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점

#### 5.1.1 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점

해군에 새로운 잠수기법을 도입하기 위해서 가장 중요하게 다루어져야 할 요소는 바로 잠수사의 안전이다. 아무리 구조작전의 효과를 높일 수 있는 새로운 해난구조시스템이 있다 할지라도 안전성이 확보되지 않은 상태에서 운용을 할 수는 없다. 잠수사는 고압의 물속이라는 열악한 환경 속에서 제한된 호흡기체에 의존하여 구조작업을 수행해야 하므로 안전은 생명과 직결된 문제이다. 그러므로 새로운 잠수기법을 도입하기 전 어떠한 문제점이 있는지, 그리고 그것이 극복 가능한 문제인지 검토하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점으로 해난구조 전문가 7명(77.8%)이 산소중독에 대한 위험을 지적하였다. 나이트록스라는 기체는 산소의 부분압을 높인 기체이기 때문에 높은 부분압의 산소를 호흡할 때 발생할 수 있는 산소중독 증상에 대해 주의하지 않을 수 없다.

나이트록스 기체 사용 시 산소중독에 대한 위험은 미 해군 및 NOAA의 다이빙 매뉴얼, 그리고 각 잠수단체의 다이빙 매뉴얼에도 명시되어있을 정도로 기본적인 중요한 사항이며, 정창호(2004), 김동주(2005), 김태현(2013) 역시 잠수에서 산소부분압이 1.6ata 이상이 되지 않도록 해야 하며 극한 환경에서 잠수

시에는 1.4ata 이상이 되지 않도록 해야 한다고 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침 하고 있다. 해군은 이미 1997년부터 포화잠수 및 혼합기체잠수기법을 운용해왔다. 혼합기체잠수, 포화잠수기법에서 사용하는 기체는 헬륨과 산소의 혼합물인 헬리옥스이며, 이 기체 역시 산소중독의 위험으로 인해 산소의 부분압이 1.6ata보다 높아지지 않도록 조절하여 운용해야 한다. 해군은 지금까지 단 한 건의 산소중독 사고 없이 혼합기체잠수 및 포화잠수기법을 운용해왔으므로, 나이트록스 잠수기법을 도입하여 운용하더라도 산소중독의 위험을 충분히 관리할 수 있을 것으로 판단된다.

다음의 문제점으로 해난구조 전문가 6명(66.7%)이 부정확한 기체 혼합에 의한 기체사고의 위험을 지적하였는데, 이에 대해 이준배 등 (2011)은 다이버가 63% 산소와 36% 질소로 혼합된 기체를 EAN 36으로 오인하여 39m까지 잠수 후 약 3ata의 산소에 노출되어 사망한 사고 사례를 보고하여 부정확한 기체 혼합이 얼마나 위험한지 본 연구를 뒷받침 하고 있다. 또한 NOAA(2001)에서도 혼합기체를 사용하기 전 다시 한 번 혼합기체의 함량을 분석하는 것을 권고하고 있으며, Rutkowski (2012)는 혼합 기체의 함량에 대한 최종적인 분석은 반드시 사용자 자신이 해야 한다고 강조하였다. 따라서 나이트록스 사용 전 사용자가 산소 함량을 다시 확인하는 절차를 준수한다면 부정확한 기체에 의한 사고를 예방할 수 있을 것이라 판단된다.

또한 해난구조 전문가 4명(44.4%)은 고압 산소 사용에 의한 화재와 폭발의 위험을 지적하였는데, 우대희(2015)는 산소비율이 21% 이상인 기체에 대해 매우 중요함에도 불구하고 잘 인식되고 있지 않는 점이 화재의 위험성이라고 보고하였고, 특히 부분압 방식을 이용한 혼합으로 나이트록스를 충전한다면 고농도의 산소에 노출될 수 있으므로 산소청결을 필수적으로 해야 한다고 보고하여 연구의 결과를 뒷받침 하고 있다. 나이트록스 충전방식 중 고압의 산소를 필요로 하는 부분압 방식과 계속흐름 방식을 사용하기 위해서는 시스템에 대한 산소청결처리가 필요하다. 우리 해군은 이미 1997년부터 혼합기체잠수를 해왔으며 혼합기체잠수 역시 헬륨 기체에 고압의 산소를 첨가하여 혼합하는 부분압 방식과 계속흐름 방식을 이용하여 기체를 제조하므로, 고압 산소의 안전한 관리와 취급 방법에 대해서 잘 인지하고 있으며 나이트록스 시스템을 사용하더라도 고압

산소 사용에 대한 동일한 안전기준을 적용한다면 화재나 폭발을 예방할 수 있을 것이라 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 4명(44.4%)은 잠수 중 MOD 미준수시 위험을 지적하였는데, 우대희(2015)는 MOD는 특히 호흡 기체로 나이트록스나 트라이믹스를 사용하는 잠수에서 잠수사의 산소 독성을 최소화하기 위한 잠수 계획 수립 시 반드시 고려되어야 한다고 하여 본 연구를 뒷받침 하고 있다. MOD는 잠수 중 산소의 부분압이 허용되는 최대치를 기준으로 정해지는 것이므로 이를 지키지 못하고 더 깊이 잠수를 하게 된다면 산소의 부분압이 높아져 산소중독의 위험에 노출되고 만다. 결국 산소중독의 위험을 예방하는 방법이 MOD를 준수하는 것이다. 표면공급 잠수방식에 호흡기체로 나이트록스를 사용한다면 상부에서 잠수사의 수심을 지속적으로 확인하기 때문에 MOD 준수에 대한 안전성을 충분히 확보할 수 있다고 판단되나, 스쿠버에 호흡기체로 나이트록스를 사용한다면 MOD 준수는 잠수사 개인의 운용능력에 좌우될 수밖에 없으므로 교육훈련을 통해 운용능력을 향상해야 하며, 짝 잠수를 통해 최소한의 안전성을 확보할 수 있을 것이라 판단된다.

### 5.1.2 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점

해군에 나이트록스라는 새로운 잠수기법을 도입하고자 하는 목적은 주어진 군사 목표를 효과적으로 달성하기 위함이다. 그러므로 평시 체계적인 교육훈련이 이루어져야 하고 주어진 상황에서 정확한 운용이 이루어져야 한다. 만약, 운용 및 교육훈련에 대한 문제점이 발생할 수 있다면 이를 면밀히 검토하고 대비하거나 해결할 수 있는 능력을 갖추어야 한다.

이에 본 연구에서는 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 문제점에 대해 해난구조 전문가 4명(44.4%)이 군내 나이트록스 전문가 부재를 지적하였다. 나이트록스는 현재 우리나라에서 테크니컬 잠수 활성화와 함께 레크리에이션 잠수에서 활발히 사용되고 있으며 산업잠수 분야에서도 사용이 시작되고 있다(우대희, 2015). 하지만 군내에는 나이트록스 운용에 대한 전문가가 없으므로 국내·외 나이트록스 전문 교육기관의 위탁교육을 통해 전문가를 양성한 다음 부대 내 교육을 진행해야 할 것으로 판단된다.

또한 해난구조 전문가 4명(44.4%)이 교육과정이 복잡·다양해짐에 따른 어려움을 지적하였다. 해난구조대에는 병과정, 초급반, 중급반, 고급반, 장교과정, 포화잠수과정, DSRV과정 등 다양한 교육 프로그램이 운영되고 있다. 다양한 교육 프로그램을 통해 전문성을 향상하고 해당 자격을 부여하는 제도는 좋지만, 작은 규모의 부대에서 교관을 확보하고 다양한 교육프로그램을 운영하는 것이 쉬운 일은 아니다. 이에 김태현(2013)은 나이트록스 잠수는 별도의 과정 편성 없이 일반 공기 스쿠버에 추가하여 산소 부분압이 신체에 미치는 영향과 등가 공기수심에 대한 내용만을 추가 심화 학습하면 운용이 가능하다고 보고하였다. 해난구조 교육과정에는 잠수 물리, 잠수생리 등에 대한 내용이 포함되어 있으므로 각 교육과정에 필요한 내용만 추가한다면 별도의 교육과정을 생성하는 어려움 없이 기존의 과목에 필요한 내용을 추가하는 방식으로 나이트록스에 대한 교육이 가능할 것이라 판단된다.

그 다음의 문제로 해난구조 전문가 3명(33.3%)이 국내에 산업잠수 분야의 나이트록스 잠수기법 교육기관 부재를 지적하였다. 해난구조는 레크리에이션 다이빙보다 산업잠수와 성격이 유사하므로, 산업잠수에서 사용하는 안전기준, 장비, 운용절차를 유사하게 적용하고 있다. 따라서 나이트록스 잠수기법 역시 산업잠수에 적용되는 기법과 운용절차가 도입되어야 할 것이다. 하지만 국내에는 산업잠수 분야의 나이트록스 교육기관 없으므로 우수한 인재를 선발하여 해외의 권위 있는 산업잠수 교육기관에서 위탁교육을 받도록 하여 교관을 양성해야 할 것으로 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 2명(22.2%)이 잠수테이블 적용에 있어 EAD 적용으로 인한 번거로움을 지적했다. 나이트록스를 사용할 때 감압절차는 EAD를 구하여 공기잠수테이블에 적용하는 방법과 각 기관 및 단체에서 제작한 나이트록스 잠수 테이블을 사용하는 방법이 있다. 잠수를 계획할 때 일일이 EAD를 구하는 것이 번거롭게 여겨질 수 있으나, 미 해군 다이빙 매뉴얼에는 이를 간단히 하기 위한 EAD 테이블을 함께 수록하고 있어 수심과 산소농도에 따른 EAD를 쉽게 구할 수 있으며, 또 다른 방법은 특정비율의 나이트록스를 사용하여 테이블의 운용을 단순화 하는 것이다. NOAA(2001)에서는 산소의 비율이 32%와 36%인 나이트록스를 사용하는 것을 권장하며, 그에 대한 테이블을 별도로

제작하여 EAD를 구할 필요 없이 바로 적용할 수 있도록 하고 있다. EAD를 적용하는 이유와 원리를 이해할 수만 있다면 큰 번거로움이 없이 운용이 가능하다고 판단된다.

또한 해난구조 전문가 2명(22.2%)이 헬리옥스 잠수와 나이트록스 잠수 간 합리적인 적용시기 판단 제한이라고 지적하였다. 현재 해군은 잠수체계별 심해잠수 능력으로 스쿠버 40m, 표면공급 방식의 공기잠수 58m, 혼합기체잠수 91m, 포화잠수 300m의 능력을 보유하고 있다. 약 40m 이내의 수심에서 사용이 가능한 나이트록스 잠수기법이 여기에 추가된다면 공기잠수와 운용 수심이 중복되므로 혼란을 방지하기 위해 수심별로 어떠한 잠수기법을 운용하는 것이 미리 판단할 필요가 있다. 이에 김태현(2013)은 나이트록스 잠수는 130ft(약 40m) 이내의 수심에서 개방회로 공기 스쿠버에 비해 무감압 하 수중 체류 가능시간이 극대화되고, 장시간 수중 체류 시 감압시간의 극적인 감소가 가능하므로 130ft 이내 수심에서는 나이트록스 잠수를 우선적으로 적용, 운용해야 한다고 보고하여 본 연구를 뒷받침 하고 있다. 한편, 헬리옥스 혼합기체잠수는 낮은 수심에서 단시간 동안 잠수를 하여도 오랜 감압시간이 필요하게 되므로 낮은 수심에서는 사용하지 않으며 주로 50m 이상 심해에서 장기간 잠수를 할 때 적용되는 기법이다(Powell, 2010). 따라서 나이트록스 잠수기법과는 중복성이 적어 적용시기를 판단하는데 어려움이 적을 것이라 판단된다.

### 5.1.3 나이트록스 기체 제조의 문제점

나이트록스 기체를 제조하는 방식은 여러 가지가 있지만 본 보고서에서는 대표적인 3가지 제조 방식인 부분압 방식, 계속호름 방식, 멤브레인 방식에 대해 논의하고자 하며, 각 제조방식의 특성에 따라 어떠한 문제점이 예상되는 지 확인하고 개선할 필요가 있다. 세 가지 방법에 공통적으로 적용되는 문제점과 각 제조방식별 특성에 따른 문제점으로 구분하여 논의하고자 한다.

먼저, 공통적으로 적용되는 문제점으로 해난구조 전문가 9명[부분압 방식 5명(55.6%), 계속호름 방식 2명(22.2%), 멤브레인 방식 2명(22.2%)]이 제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요성을 지적하였다. 호흡기체 제조는 상당히 정확하게 이루어져야 하는 작업이다. 기체의 순도에 오차가 생기게 되면 잠수사는 기체

오염의 위험에 노출될 수 있다. 제조자의 높은 이해를 바탕으로 정해진 절차에 따라 충전을 할 수 있어야 하고, 고압의 산소를 취급하는데 잠재적인 위험이 따르므로 제조자는 이를 관리할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 더구나, 기체 제조방식 중 부분압 방식은 특별히 제조자의 높은 숙련 및 이해가 요구된다.

부분압 방식 기체 제조는 먼저 혼합 테이블 또는 수학적 계산식으로 결정된 정확한 산소의 양 만큼 충전한 후 산소와 혼합 가능한 공기를 추가한다(우대회, 2015). 그러므로 제조자는 혼합 원리를 이해해야 하고, 추가할 기체의 양을 계산할 수 있어야 하며 고압의 순수 산소를 안전하게 사용할 수 있어야 한다.

현재 해난구조대에서는 중사 이상의 계급의 인원이 혼합기체잠수 교육을 받을 수 있도록 하고 있으며, 오랜 운용을 통해 숙달된 인원이 혼합기체를 제조하도록 하고 있다. 이처럼 나이트록스 역시 중사 이상의 우수한 인재를 선발하여 제조 임무를 부여하고, 그 인원이 오랜 숙달을 통해 전문성 쌓도록 운용해야 한다고 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 7명[계속흐름 방식 2명(22.2%), 멤브레인 방식 5명(55.6%)]이 제조 중 산소함량의 지속적인 모니터링 필요를 지적하였다. 계속흐름 방식과 멤브레인 방식은 제조되는 나이트록스의 산소함량이 계기판에 계속적으로 전시되게 되어 있다. 생산되는 나이트록스의 산소 농도를 바로 확인하며 조절할 수 있기 때문에 지속적으로 모니터링을 하는 것이 좋을 수 있으나 사용자가 번거로울 수 있으므로 자동화 패널 설치로 확인하는 시간을 줄일 수 있다. 또한 대량으로 제조하여 스토리지 실린더에 저장 후 소형 실린더에 충전하는 방식을 사용하므로 충전이 완료된 후 스토리지 실린더에서 한 번에 산소함량을 확인할 수도 있다. 그리고 최근 시중에 출시되는 모델은 대부분 자동화 패널이 설치되어 있어 간단한 조작으로 원하는 농도의 나이트록스를 제작할 수 있고, 제조 중 이상 발생으로 산소함량이 40%가 넘어가면 자동으로 충전이 정지 되는 계속흐름 방식 제조시스템도 개발이 되어있으므로 지속적으로 모니터링 하는 수고를 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

또한 해난구조 전문가 5명[계속흐름 방식 2명(22.2%), 멤브레인 방식 3명

(33.3%)]이 초기 설치비용이 많이 발생하는 점을 지적하였다. 부분압 방식은 현재 해군에 보유하고 있는 장비로도 제조가 가능하지만 계속호름 방식과 멤브레인 방식은 별도의 장비를 구매하여 설치해야 한다. 계속호름 방식과 멤브레인 방식 제조시스템 설치비용은 1 ~ 2억 원 정도로 고가이며 멤브레인 방식이 계속호름 방식보다 더 고가이다. 멤브레인 방식이 가장 고가인 이유는 멤브레인 필터가 비싸기 때문이다. 두 시스템 중 한 가지를 선택하여 구매하기 위해서는 해군의 중·장기 예산 사용 계획에 반영하여 집행하여야 하며 어떠한 장비가 선택되더라도 필요성에 대한 논리적 설명과 공감 형성이 충분히 되어야 할 것으로 판단된다.

그 다음으로 해난구조 전문가 5명[계속호름 방식 3명(33.3%), 멤브레인 방식 2명(22.2%)]이 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스의 제조 제한을 지적하였다.

전문가들의 지적대로 제조방식의 특성 상 계속호름 방식과 멤브레인 방식으로는 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스를 제조하기 힘들다. 하지만 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스를 사용할 필요성에 대해서는 신중하게 검토해볼 필요가 있다. 나이트록스의 산소 비율이 높아지면 잠수시간이 길어지고 감압의 효과가 커지는 반면 제한 수심이 낮아지고 산소 중독의 위험이 커지기 때문이다. 그렇기 때문에 NOAA(2001) 에서도 표준 나이트록스 농도를 32%, 36%로 운용하고 있다. 또한 20m 이내의 낮은 수심에서는 36% 정도의 나이트록스를 사용해도 감압병의 발생 위험이 낮고 1시간 이상의 충분한 잠수시간을 확보할 수 있으므로 40% 이상의 고농도 산소의 나이트록스를 사용할 필요성이 낮다. 만약, 다이빙시간의 증대와 감압의 효과를 극대화시키는 잠수를 하기 위해 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스의 사용이 필요하게 되면 부분압 방식을 사용하여 제조해야 할 것으로 판단된다.

다음으로 부분압 방식, 계속호름 방식, 멤브레인 방식 순으로 제조방식별 특성에 따른 문제점을 확인해보았다.

먼저, 부분압 방식은 간단한 장비로 제조가 가능하나, 고압의 순수산소를 먼저 실린더에 충전해야 하므로 그 과정에서 화재나 폭발이 발생할 위험이 있어 그 점에 가장 주의하여 다루어야 하는 방식이다.

본 연구에서 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대해 해난구조 전문가 5명(55.6%)이 순수산소를 사용하므로 화재나 폭발의 위험이 있으므로 취급에 주의해야 함을 지적하였다. 이에 Somers (1995)는 만약 산소청결처리가 되어 있지 않다면, 부분압 방식이 가장 위험한 방법이라고 주장하고 있어 본 연구를 뒷받침하고 있다. 순수산소 사용에 따른 화재와 폭발의 위험은 나이트록스 기체 안전성 논의에서 이미 언급했던 사항으로 주의가 요구되며 해군은 헬리옥스 혼합기체를 제조할 때 부분압 방식을 사용하므로 나이트록스 기체 제조에 부분압 방식을 적용하더라도 안전하게 관리할 능력이 있다고 판단된다.

또한 해난구조 전문가 4명(44.4%)이 나이트록스의 잔압이 높은 상태에서 추가적인 충전이 어려운 점을 지적하였다. 부분압 방식으로 기체를 제조하기 위해서는 실린더를 완전히 채울 수 있을 만큼 충분한 압력의 공기가 있어야 한다. 이에 NOAA(2001)에서는 부분압 방식의 기체 제조를 효과적으로 하기 위해 캐스케이드 방식(cascade fill technique), 오일 프리 압축기(oil-free compressor) 압축기, 부스트 펌프(boost pump)가 사용된다고 설명하고 있으므로 이러한 방법 중 효과적인 방법을 선택하여 적용한다면 실린더의 잔압이 높더라도 나이트록스의 추가적인 충전이 가능할 것으로 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 4명(44.4%)이 실린더의 산소청결처리가 필요함을 지적했다. 부분압 방식은 가장 간단한 방법이지만 100% 순수산소를 이용하여 실린더를 먼저 충전하므로 다른 방식들과 달리 실린더에 대한 산소청결처리가 필요하다. 이에 대해 NOAA(2001)는 순산소와 40% 이상의 나이트록스 혼합기체를 사용하는 모든 고압 저장 실린더, 스쿠버 실린더, 레귤레이터 및 고압 공기 이동 장비는 기준에 맞는 산소청결처리를 하여야만 한다고 명시하여 본 연구의 결과를 뒷받침하고 있다. 해군에 나이트록스 기체 제조방식으로 부분압 방식이 적용된다면 다른 방식들과는 달리 압축기와 실린더까지 산소청결처리를 해야 한다는 점은 중요하게 고려되어야 할 요소이다.

계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조는 실린더에 직접적으로 고압의 순수산소가 충전되지 않으므로 부분압 방식보다는 화재나 폭발의 위험이 낮게 볼 수 있으나, 저압의 순수산소를 공기와 섞어 압축기에 통과시키므로 화재나 폭발의 위험에서 완전히 자유로울 수는 없다. 또한 제조시스템이 부분압 방식처럼 간

단하지 않다는 단점도 있다.

본 연구에서 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대해 해난구조 전문가 6명(66.7%)이 산소 센서의 소모가 많음을 지적하였고, 또한 5명(55.6%)이 산소 센서의 오작동 가능성을 지적하였다. 계속흐름 방식의 나이트록스 제조는 흐르는 공기에 산소를 섞어 나이트록스를 제조하는 방식이므로 생성되는 나이트록스의 산소 농도를 계속적으로 측정한다. 지속적으로 산소 센서를 사용하므로 관리를 잘 하지 않으면 소모가 많을 수밖에 없다. 그리고 센서의 성능이 저하되어 오작동하면 전체 나이트록스 기체가 잘못된 농도로 제조될 수 있다. 이에 Somers (1995)는 산소 센서의 동작 수명은 대략 1년이며 외부 충격에 쉽게 파손될 수 있고 습기에 주의해야 한다고 설명하였다. 만약 습기가 센서 내부에 침투한다면 산소가 통과하는 길을 막게 되어 작은 함량이 표시되게 되므로 센서의 성능이 저하될 수 있고 이로 인해 잦은 교체가 필요하게 된다. 이러한 점을 고려하였을 때 계속흐름 방식 기체 제조시스템을 사용할 때에는 내부에 습기가 흘러들어가지 않도록 주의가 필요하다고 판단된다.

멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조는 공기에서 질소를 제거해 산소의 농도를 높이는 방식으로 별도의 산소 공급이 필요하지 않은 시스템이다. 화재나 폭발의 위험으로부터 가장 안전하며 운용이 간편하다는 장점이 있으나, 복잡한 설비로 구성되어있고 설치비용이 비싸다는 단점이 있다.

본 연구에서 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대해 해난구조 전문가 4명(44.4%)이 고가의 멤브레인 필터의 관리 주의 필요성을 지적하였다. 멤브레인 필터는 멤브레인 제조 시스템의 핵심 부품이며 6피트 멤브레인 교체 비용이 대략 8백만 원 정도 소요되므로 상당히 고가이다. 따라서 관리에 주의하지 않을 수 없다. 제품의 매뉴얼에 의한 철저한 관리가 요구될 것으로 판단된다.

#### 5.1.4 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점

본 연구에서 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대해 해난구조 전문가 5명(55.6%)이 CNS 산소중독에 대한 과도한 불안감을 지적하였다. CNS 산소중독은 어떤 호흡용 기체를 정해진 한계를 넘어서 호흡하

였을 때 발생한다. 해군에서 공기로 58m까지 잠수를 제한하는 이유도 그 이상의 수심에서는 산소중독이 쉽게 일어나기 때문이다. 나이트록스뿐만 아니라 공기, 헬리옥스를 사용하여도 제한수심만 달라질 뿐 산소중독의 원리는 똑같이 적용되며 제한수심 이내에서 계획된 다이빙을 한다면 산소중독에 걸릴 위험은 극히 낮다. 더구나 해군의 주요 잠수방법은 표면공급 잠수방식으로, 최대수심까지 스테이지를 내린 후 잠수사가 스테이지 밖으로 나와 해당 수심에서 잠수를 하는 방식을 취하므로 의도하지 않게 더 깊이 잠수할 확률이 적다. 또한 상부(Top side)에서 잠수사의 수심을 지속적으로 확인하기 때문에 제한수심을 철저히 준수할 수 있다. 따라서 CNS 산소중독은 충분히 예방할 수 있고 이러한 점을 홍보하고 교육한다면 부대원들의 불안감을 해소할 수 있을 것이라 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 5명(55.6%)이 익숙한 시스템에 젖어 새로운 장비 및 운용절차의 도입에 대한 거부감을 지적했다. 이에 대해 Baker (1989)는 변화에 대한 저항은 피할 수 없는 것이고, 인간은 그 변화가 더 효율적이고 발전된 방향으로 가는 것일지라도 변화를 거부하려는 경향이 있다고 하여 본 연구를 뒷받침 하고 있다. 또한, 변화를 거부하는 이유는 변화가 그들에의 업무수행 능력, 동료관계, 기타 요인에 미치는 영향을 정확히 알 수 없기 때문이라고 주장했으며, 직원들이 변화를 수용하도록 유도하기 위해서는 변화에 대한 장점을 적극적으로 설명하고, 변화의 이유에 대해 충분히 설명하며, 발생 가능한 모든 의문사항에 답변하고, 직원들에게 변화에 적응할 시간을 주어야 한다고 주장하였다. 따라서 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 거부감을 해소하기 위해서는 부대원들에게 장점과 도입의 이유를 잘 설명해야 하고, 발생하는 의문을 적시에 해소해야 하며, 변화에 대해 적응할 시간을 가져야 할 것이라고 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 3명(33.3%)이 필요성에 대한 공감과 이해 부족을 지적했다. 필요성에 대해서는 본 논문의 서론 부분에 이미 설명하였으며, 필요성에 대한 공감을 얻을 수 있도록 부대원을 대상으로 교육 및 공개 토의 등의 과정을 거쳐야 할 것으로 판단된다.

또한 해난구조 전문가 3명(33.3%)이 우리나라 해난구조 작전환경에 맞지 않는다는 인식을 지적하였다. 오랜 기간 동안 공기잠수 위주의 해난구조작전을 수

행해서 이러한 인식이 자리 잡은 것으로 판단된다. 하지만 나이트록스 시스템은 오히려 조류가 강한 우리나라 해안구조 작전환경에 잘 맞는 시스템이다. 국립해양조사원에 따르면 우리나라의 서해는 전 세계에서 손꼽을 정도로 조류가 빠른 곳이다(연합뉴스, 2010). 그리고 남해 또한 지역에 따라 강한 조류가 흐르는 곳이 많다. 천안함 구조작전, 세월호 구조작전에 등 대형 해상 재난사고가 발생할 때 마다 실종자 수습에 큰 곤란을 겪는 이유도 바로 강한 조류 때문이었다. 조류가 너무 강해 평소에는 잠수를 할 수 없고, 조류가 약해지는 전류시간 약 30분에서 1시간 정도에만 잠수가 가능하다면 여러 번의 짧은 잠수보다 한 번의 긴 잠수가 더욱 큰 효율을 발휘할 수 있다. 이에 Lang (2001)은 나이트록스는 조류가 심한 지역에서 전류시간에만 잠수를 해야 하는 특별한 상황에서 가장 효율적인 방법이라고 주장하여 본 연구를 뒷받침하고 있다.

## 5.2 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점에 대한 개선 방안

### 5.2.1 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점에 대한 개선 방안

나이트록스 잠수기법의 도입을 위해서 반드시 해결해야 할 부분이 바로 안전성에 관한 문제이다. 대표적인 나이트록스의 안전성에 관련된 문제점으로 산소중독, 순수산소의 화재 및 폭발의 위험이었으며 이를 개선하기 위한 해안구조 전문가들의 의견은 다음과 같다.

먼저, 해안구조 전문가 7명(77.8%)이 정확한 이해와 운용방법 교육의 필요할 것으로 전망하였다. 이는 새로운 시스템에 대한 교육훈련의 필요성을 전망한 것이다. 해군에서 교육훈련은 군사목표 달성을 위한 기본 요건이며, 그 의미는 교육과 훈련의 개념을 포함하는 것으로 협의의 교육이란 지혜와 판단력을 함양하기 위하여 개인의 지능을 계발하는 지식(knowledge) 중심의 교수와 학습활동을 뜻하며, 훈련이란 개인이나 부대가 군사 전문기술을 숙달하는 실천적 활동으로서 임무수행에 요구되는 기술(skill) 중심의 행동을 숙달시키는 과정을 말한다(교육훈련교범, 2002). 따라서 나이트록스 잠수기법 운용을 통해 군사목표를 달성하기 위해서는 나이트록스에 대한 지식과 운용에 대한 기술을 함께 습득해야 할 것으로 판단된다.

다음으로, 해난구조 전문가 6명(66.7%)이 안전성이 인증된 혼합시스템 구축이 필요할 것으로 전망하였다. 해군에 도입되는 잠수시스템은 대부분 미 해군 또는 유럽의 기준과 사양에 따라 제작되며 공신력 있는 기관의 인증을 필요로 한다. 그리고 세계적으로 잠수체계의 인증은 국제선급협회 (IACS: International Association of Classification Societies)와 국제해사기구(IMO: International Maritime Organization)의 기술위원회에서 채택한 사항을 따르므로 각 국가의 선급별로 큰 차이를 나타내지 않는다(유호휘, 2015). 따라서 현재 해군은 잠수시스템 도입에 유럽연합 통합인증(CE), 한국 선급 인증(KR) 등을 적용하고 있으며 현재의 기준을 유지하여 안전성에 대한 인증이 된 시스템을 도입해야 할 것으로 판단된다. 또한, 한국 선급은 2009년에 국내 선박전기 정비업체인 AMC사와 공동으로 해군 심해잠수용 헬리옥스 기체혼합기(Gas Blender)를 국내에서 처음으로 개발하여 해군에 납품하여 비용을 절감한 경험이 있기 때문에(EBN 뉴스, 2009) 안전성이 있는 국내제품 개발을 기대할 수도 있을 것으로 판단된다.

### 5.2.2 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안

나이트록스 잠수기법에 대한 안전성이 확보되면 다음으로 중요한 사항이 바로 운용 및 교육훈련이다. 군에 도입되는 모든 장비는 도입 후 지속적으로 정확한 교육과 운용이 이루어져야 적시 적소에 활용할 수 있다.

이에 본 연구에서는 운용 및 교육훈련에 대한 문제점의 개선 방안으로 해난구조 전문가 5명(55.6%)이 나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달을 전망하였다. 잠수장비의 운용은 운용자의 생명과 직결되어있기 때문에 운용자의 교육훈련과 숙달이 이루어져있지 않으면 장비 자체를 사용할 수 없게 된다. 이에 국민의 세금을 들여 잠수장비를 도입하고 적절한 교육이 이루어지지 않아 운용능력이 저하되거나 장비가 방치 되는 경우를 확인해 보니, “해경, 1000억 원대 예산 낭비” (파이낸셜뉴스, 2004) 라는 기사에서는 ‘침몰선 인양을 목적으로 도입한 고가 첨단장비가 구형 모델일 뿐만 아니라 장비 운영에 따른 전문인력 미확보와 관리 소홀로 인해 10년 동안 1000억 원대의 혈세가 낭비됐다는 지적이 나왔다’ 라고 하였고, “감사원 ‘소방 물품·장비 구매’ 감사결과 보니” (소방방재신문, 2016) 라는 기사에서는 2012년 소방 모 본부는 40m 이상의

심해잠수를 목적으로 2012년 미국에서 제조된 폐쇄형 재호흡기 2대를 8천210만 원을 주고 도입하였으나 계획된 교육을 제대로 수행하지 않아 41m 이상 다이빙할 수 있는 자격 취득자가 없어 감사원의 지적을 받았다고 하여 본 연구를 뒷받침 하고 있다. 따라서 군사목표를 효과적으로 달성하기 위해 군에 잠수장비가 도입 되면 철저한 교육훈련 및 숙달을 통해 적시적소에 사용할 수 있는 능력을 갖추어 국민의 세금이 낭비되지 않도록 하는 것이 매우 중요하다고 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 4명(44.4%)은 명확한 매뉴얼 작성 및 이행을 전망하였다. 매뉴얼은 올바른 사용 지침을 제공하는 설명서로 현재 해군의 모든 장비는 해당 장비의 매뉴얼에 따라 운용된다. 표준화된 운용 지침에 따라 운용되어야 정확하고 안전하게 장비를 사용할 수 있기 때문이다. 이는 잠수방식에도 마찬가지로 적용되므로 해난구조대에는 공기잠수, 혼합기체잠수, 포화잠수에 대한 매뉴얼이 작성되어있다. 따라서 나이트록스 잠수기법이 도입된다면 나이트록스에 대한 매뉴얼이 작성 되어야 한다.

현재 해난구조대의 잠수 관련 대부분의 매뉴얼은 미 해군의 매뉴얼을 따르고 있으며 미 해군 잠수매뉴얼 USN(2013)에 이미 나이트록스에 대한 이론 및 운용 절차가 명시되어있다. 다만, 공기잠수처럼 심화하여 기술되어있지 않고, 국내 해군 잠수교범에 이를 번역해놓지 않았기 때문에 원활한 운용을 위해서는 매뉴얼 번역 및 보완이 필요할 것이라 판단된다. 매뉴얼에는 나이트록스에 대해 본격적인 연구를 수행한 미국 NOAA(2001)와 산업잠수 조직의 양대 산맥이라고 할 수 있는 IMCA, ADCI의 나이트록스 매뉴얼에서 필요한 부분을 발췌하여 포함해야 할 것으로 판단된다.

또한 해난구조 전문가 4명(44.4%)은 권위 있는 국내·외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성을 전망하였다. 해군은 현재 해난구조 전문가 양성을 위해 미 해군의 구조전 과정 및 EOD 과정, 영국 NHC의 포화잠수 과정, DSRV 운용자 과정 등 매년 10여명이 국외에서 위탁교육을 받고 있다. 미 해군 뿐만 아니라 국제적으로 인정받고 있는 잠수관련 기관으로부터 교육을 받아와 해군에 접목시킴으로써 우리 해군이 우물 안 개구리가 아니라 세계적인 수준의 잠수능력을 보유할 수 있게 된 것이다. 마찬가지로, 나이트록스가 해군에 도입

된다고 하면 권위 있는 교육기관으로부터의 위탁교육을 통해 표준화된 교육시스템을 배워와 해군에 접목할 수 있을 것으로 판단된다. 산업잠수 분야의 나이트룩스 교육기관은 국내에는 없고, 대부분 유럽에 있으며 보통 다이버과정 3일, 감독관 과정 1일로 이루어져있다.

### 5.2.3 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안

부분압 방식, 계속흐름 방식, 멤브레인 방식 세 가지 방법의 나이트룩스 기체 제조의 문제점에 대해 전망된 개선 방안을 확인해 보면 세 가지 방법에 공통적으로 적용되는 방안과 각 제조 방식별 특성에 따라 적용되는 방안으로 구분되었다.

먼저, 공통적으로 적용되는 개선 방안으로 해난구조 전문가 9명[부분압 방식 2명(22.2%), 계속흐름 방식 5명(55.5%), 멤브레인 방식 2명(22.2%)]이 매뉴얼에 의한 충전절차 준수를 전망하였다. 해군은 모든 장비에 대해 매뉴얼을 작성하여 운용하고 있다. 장비 오작동에 의한 사고의 예방과 효과적인 임무 수행을 위해 매뉴얼에 의한 장비 운용은 필수적인 사항이다. 나이트룩스 기체 제조방식 중 부분압 방식의 경우 화재나 폭발의 위험이 상대적으로 높으므로 제조시설 제조자의 안전을 위해 매뉴얼에 의한 충전절차를 준수해야 하고, 모든 방식에서 공통적으로 순도가 정확한 기체를 제조해야 잠수사의 안전을 보장하고 효과적인 잠수를 할 수 있기 때문에 매뉴얼에 따른 정확한 충전절차를 준수해야 한다.

또한, 해난구조 전문가 4명[계속흐름 방식 2명(22.2%), 멤브레인 방식 2명(22.2%)]이 자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소를 전망하였다. 부분압 방식은 제조방식의 특성상 운용자가 정확한 양을 맞추어 실린더에 기체를 첨가하며 혼합해야 하지만, 계속흐름 방식과 멤브레인 방식은 자동화 패널 설치로 자동화가 가능하다. 현재 시중에 나와 있는 많은 장비들이 자동화 되어있으므로 자동화된 장비를 사용한다면 운용자의 모니터링 소요를 크게 감소시킬 수 있다. 현재 해군에서 헬리옥스를 혼합할 때 부분압 방식과 계속흐름 방식을 병행해서 사용하고 있고 계속흐름 방식은 자동화 되어있어 기체를 개방하고 원하는 농도를 설정하면 자동으로 제조되므로 편리하게 운용할 수 있다. 따라서 나이트룩

스 제조방식으로 계속흐름 방식 또는 멤브레인 방식을 채택한다면 자동화 패널이 설치된 장비가 도입되어야 제조자의 모니터링 소요를 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로 해난구조 전문가 6명(66.7%)이 산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 교육을 전망하였다. 부분압 방식 나이트록스 기체 제조는 고압의 순수산소를 다루어야 하므로 화재와 폭발의 위험성을 내재하고 있다. 따라서 산소 취급에 대한 전문적인 교육을 받지 않으면 부주의에 의한 사고가 발생할 수 있다.

현재 해군이 사용하고 있는 헬리옥스 혼합기체잠수기법에도 동일하게 고압의 순수산소를 사용하고 있으며 자체 규정에 따라 안전하게 취급하고 있다. 따라서 순수산소 보관 및 관리에 대해서는 동일한 교육을 집행하면 될 것으로 판단된다. 다만, 부분압 방식 나이트록스 기체 제조의 절차 및 산소 운용에 대한 주의사항에 대해서는 명확한 교육이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

그 다음 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로는 해난구조 전문가 7명(77.8%)이 주기적인 산소센서 성능확인 및 교체를 전망하였다. 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조는 정확한 비율의 나이트록스를 단시간에 정확하게 제조할 수 있다는 장점이 있다. 관로에 부착된 산소센서가 정확한 비율로 산소함량을 측정하여 피드백 형식으로 산소 밸브를 조절하기 때문이다. 따라서 산소 센서의 역할이 매우 중요하며 올바른 관리와 주기적인 교체가 이루어져야한다. 현재 시중에 판매 되는 산소 센서의 가격은 20 ~ 30만원 정도이고, 제품 사양서 상 수명은 1 ~ 2년 정도이다. 주기적인 교체가 부담이 될 정도로 비싼 부품은 아니지만 자주 사용하면 그만큼 수명이 줄어드는 장비이기 때문에 주기적으로 성능을 확인하고 성능이 저하되면 새것으로 교환해야 한다. 현재 해군의 헬리옥스 혼합기에 장착된 산소 센서는 1년 주기로 교환을 해주고 있으므로 계속흐름 방식 나이트록스 기체 제조기의 산소센서 교환 주기도 이와 유사할 것으로 판단된다.

다음으로 멤브레인 방식 나이트록스 기체 제조의 문제점에 대한 개선 방안으로 해난구조 전문가 5명(55.6%)이 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소

화를 전망하였다. 멤브레인 방식은 저압으로 압축된 공기를 멤브레인에 통과시켜 나이트록스를 제조해내는 간단하고 편리한 방식이다. 하지만 핵심부품인 멤브레인 필터가 상당히 고가이기 때문에 정확한 관리로 고장을 최소화해야 한다.

NOAA(2001)에 의하면 멤브레인 제조 시스템은 비교적 견고한 시스템으로 정비 소요가 적고, 고장을 예방하기 위해서 입력되는 공기가 적절히 필터링 되어야 한다. 멤브레인 고장은 입력되는 공기의 압력이 너무 높거나 오염된 공기가 여과되지 않아 이물질이 멤브레인 속으로 들어갔을 때 일어나게 되므로 신뢰성 있는 저압 공기 압축기가 달린 제품을 사용하고 공기 필터를 주기적으로 교체한다면 멤브레인을 장기간 사용할 수 있을 것이다. 일부 시중에 판매중인 제품은 50,000시간, 30년 보증을 제공할 정도로 신뢰도를 높인 제품도 있다. 따라서 신뢰도가 높은 멤브레인 시스템을 도입해서 사용하고 주기적으로 공기필터를 교체한다면 멤브레인 고장을 최소화 할 수 있을 것이라 판단된다.

#### 5.2.4 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안

새로운 잠수기법이 도입되면 잠수기법의 장점을 잘 활용하여 효과적으로 목표를 달성할 수 있다는 장점이 있지만, 운용 방법을 새로 익히고 숙달하여 만약에 일어날 수 있는 부작용의 가능성을 최소화해야 한다는 부담 때문에 거부감이 생길 수 있다. 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 거부감을 해소하기 위해서는 부대원들에게 장점과 도입의 이유를 충분히 설명해야 하고, 발생하는 의문을 적시에 해소해야 하며, 변화에 대해 적응할 시간을 가져야 할 것이라고 생각된다.

이에 본 연구에서는 해군의 인식 상의 문제점에 대한 개선 방안으로 해난구조 전문가 6명(66.7%)이 효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적 인지도 개선을 전망하였다. 그리고 4명(44.4%)이 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여를 전망하였다. 부대원들에게 나이트록스에 대한 교육을 제공하여 의문과 불안감을 해소하고, 매월 실시하는 훈련 종목에 반영하여 직접 실습할 기회를 부여함으로써 점진적으로 인지도를 개선할 수 있다고 판단된다.

다음으로 해난구조 전문가 3명(33.3%)이 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지를 전망하였다. 나이트록스 잠수를 할 때에는 잠수사의 안전을 위해 MOD 준수가 무엇보다 중요하다. 적절한 교육을 받지 않았거나 이에 대한 개념

을 갖지 않고 제한수심을 넘어 잠수를 하게 되면 산소중독에 걸릴 위험이 높다. 반드시 교육 및 실습을 마친 대원만이 나이트록스를 이용한 잠수를 할 수 있도록 해야 한다. 해난구조대의 중급반 교육과정에는 혼합기체 사용에 대한 내용이 이미 포함되어 있으므로 산소중독, 수심운용, 기체 제조 등 일부 필요한 내용만 추가한다면 별도의 교육과정을 생성하는 어려움 없이 나이트록스에 대한 교육이 가능할 것이라 판단된다.

### 5.3 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

#### 5.3.1 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

최근 우리나라에서 테크니컬 다이빙 보급이 확산되면서 많은 레크리에이션 잠수 단체에서 나이트록스 잠수방식을 교육하고 사용하고 있다. 또한 산업잠수 분야에서도 2010년 거가대교 침매터널 작업 현장에서 나이트록스 방식을 사용했고 2014년 세월호 구조작전에서도 민간 잠수업체에서 나이트록스를 사용하여 관심이 집중되고 있는 추세이다. 하지만 나이트록스 사용에는 끊임없이 안전에 대한 우려가 따라온다. 감압병의 위험을 감소하고 잠수시간을 늘릴 수 있는 확실한 장점이 있지만 적극적으로 사용하기를 꺼려하는 이유가 바로 안전성에 대한 문제 때문이다. 따라서 해군 해난구조시스템으로 나이트록스 잠수기법을 도입하기 위해서는 안전성을 개선시킬 방안이 필요하다.

본 연구에서도 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 변화 가능성과 희망의 정도 문항 중에서 해난구조 전문가들은 “미 해군 공기잠수 테이블에 EAD를 적용한 잠수테이블 도입이 필요할 것이다.”와 “고압 산소 사용 관련 안전대책을 마련(화기엄금 등)해야 할 것이다.”, “나이트록스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요할 것이다.”, “주기적인 산소청결처리 PMS 실시가 필요할 것이다.”, “운영자의 자격요건을 설정, 무자격자의 잠수를 방지해야 할 것이다.”, “정확한 이해와 운용방법 교육이 필요할 것이다.”, “안정성이 인증된 혼합시스템 구축이 필요할 것이다.”, “사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소함량을 분석하는 절차 준수가 필요할 것이다.”에서 전문가들은 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으

로 나타났다. 또한 “일정 산소부분압 잠수만 적용한 다이빙 계획의 단순화가 필요할 것이다.” 에서는 변화 가능성이 있고 변화에 대한 희망정도도 찬성으로 나타났다.

반면, “나이트록스에 대한 규정, 법 제정(국내법)이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화에 대한 희망에서는 찬성하고 있지만 변화 가능성에 있어서는 낮은 것으로 전망하였다. 이는 현재 우리나라의 산업 잠수 관련 법규나 제도, 기준이나 표준화가 미흡하기 때문이다(강신영과 김호상, 2010). 나이트록스를 제외한 일반 잠수에 대해서도 법이 정비되어있지 않은 현실로 인해 나이트록스 대한 규정, 법 제정에 대해 변화 가능성을 낮게 보고 있는 것으로 판단된다.

### 5.3.2 나이트록스 잠수기법의 운용 및 교육훈련에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

본 연구에서도 나이트록스 잠수기법의 교육훈련에 대한 변화 가능성과 희망의 정도 문항 중에서 해난구조 전문가들은 “나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요할 것이다.”, “명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요할 것이다.”, “지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증이 필요할 것이다.”, “권위 있는 국내·외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다. 또한 “산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견수렴이 필요할 것이다.”, “담당교관의 나이트록스 숙지도에 대한 평가제 실시가 필요할 것이다.”, “포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 있다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

반면, “병과정 및 초급과정에 적용 검토가 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 있다고 예측하고 있지만 변화에 대한 희망에서는 일부 찬성 및 일부 반대의 희망정도를 보이고 있다.

또한, “관련법 제정이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화에 대한 희망에서는 찬성하고 있지만 변화 가능성에 있어서는 낮은 것으로 전망하였다.

### 5.3.3 나이트록스 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

부분압 방식, 계속호름 방식, 멤브레인 방식 세 가지 방법의 나이트록스 기체

제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도를 확인해 보면 세 가지 방법에 공통적으로 적용되는 방안과 각 제조방식별 특성에 따라 적용되는 방안으로 구분되었다.

먼저, 공통적으로 적용되는 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에서 전문가들은 “매뉴얼에 의한 충전절차 준수가 필요할 것이다.”, “전문 관리자 교육 및 양성이 필요할 것이다.”, “안전성이 인증된 시스템 설치가 필요할 것이다.”, “기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 필요할 것이다.”, “나이트록스 전용 실린더 확보/운용이 필요할 것이다.”, “제조시 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용이 필요할 것이다.”, “정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다. 또한 “자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소가 필요할 것이다.” 에서도 전문가들은 변화 가능성이 있다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

반면, “산소 40% 이상 나이트록스 필요시 부분압 방식 운용 병행 운용이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 있으나 희망의 정도에서 일부 찬성과 일부 반대의 희망정도를 보이고 있다. 이는 40% 이상의 고농도의 나이트록스의 필요성에 대해서 일부 전문가들이 회의적인 반응을 보인 것으로 판단된다. NOAA(2001)에서 표준 나이트록스로 지정해서 운용되는 32%, 36% 정도의 나이트록스를 사용하여도 감압에 대한 높은 효율을 기대할 수 있으며, 산소 농도가 높아질수록 MOD가 감소되는 제한점 때문으로 판단된다. 산소중독 예방을 위해 허용되는 최대 산소 부분압을 1.4로 적용한 MOD는 공기가 57M, 32% 나이트록스 34m, 36% 나이트록스 29m, 40% 나이트록스는 25m로 산소 농도가 높아질수록 MOD가 감소함을 알 수 있다.

부분압 방식 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에서 전문가들은 “산소 전용 장비를 사용, 주기적인 산소청결처리가 필요할 것이다.”, “산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육이 필요할 것이다.”, “산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용이 필요할 것이다.”, “잔압이 높은 상태에서 추가 충전 가능하도록 산소부스터펌프 사용이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는

것으로 나타났다. 또한 “고압 산소 취급 담당자 지정(중사이상) 운용이 필요할 것이다.” 에서도 전문가들은 변화 가능성이 있다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

계속흐름 방식 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에서 전문가들은 “솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검이 필요할 것이다.”, “산소 센서의 성능을 확인하고 교체시기 설정이 필요할 것이다.”, “복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상이 필요할 것이다.” 에서 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

멤브레인 방식 기체 제조에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에서 전문가들은 “주기적이고 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요할 것이다.”, “장기적 계획으로 도입이 필요할 것이다.” 에서 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

#### 5.3.4 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식에 대한 변화 가능성과 희망의 정도에서 전문가들은 “안정성이 인증된 시스템 구축이 필요할 것이다.”, “필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토가 필요할 것이다.”, “효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선이 필요할 것이다.”, “나이트록스를 포함한 각 잠수기법별 운용수심에 대한 재논의가 필요할 것이다.”, “자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지가 필요할 것이다.”, “현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명이 필요할 것이다.”, “지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여가 필요할 것이다.”, “테이블의 안전성 검증이 필요할 것이다.” 에서 변화 가능성이 높다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다. 또한 “질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대가 필요할 것이다.”, “나이트록스 잠수기법 적용 계급에 대한 교관확보 및 교육과정 개설이 필요할 것이다.” 에서 전문가들은 변화 가능성이 있다고 예측하였고, 변화에 대한 희망에서도 찬성하고 있는 것으로 나타났다.

## 제 6 장 결론 및 제언

본 장에서는 연구 결과 및 논의를 통하여 얻어진 해군의 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 문제점과 문제점에 대한 개선 방안, 개선 방안에 대한 변화 가능성과 희망의 정도를 분석하여 최종적인 결론을 제시하며, 본 연구의 수행과정을 통하여 나타난 문제점을 토대로 후속 연구를 위한 발전적인 제언을 하면 다음과 같다.

### 6.1 결 론

본 연구는 델파이 기법을 통해 해군 해난구조능력 향상을 위한 나이트록스 잠수기법 도입방안을 모색하는데 목적이 있다. 이를 위하여 2016년 현재 해군 해난구조에 관여하고 있는 전문가집단을 모집단으로 선정하여 3차에 걸친 델파이 설문조사를 실시하였고 연구결과의 자료 분석을 기초로 다음과 같은 결론을 도출하였다.

#### 6.1.1 해군의 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 문제점

나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점으로 산소중독에 대한 위험, 부정확한 기체 혼합 시 기체사고의 위험, 고압 산소 사용에 의한 화재와 폭발의 위험이 높게 나타났고, 운용 및 교육훈련에 관한 문제점으로 군 내 나이트록스 전문가 부재, 교육과정이 복잡·다양해짐에 따른 어려움, 국내 산업잠수 분야의 나이트록스 잠수기법 교육기관 부재, 잠수테이블 적용에 있어서 EAD 적용으로 인한 번거로움, 헬리옥스 잠수와 나이트록스 잠수 간 합리적인 적용시기 판단 제한이 높게 나타났다. 그리고 기체 제조상 문제점으로 제조자의 높은 수준의 이해 및 숙련 필요, 제조 중 산소 함량의 모니터링 필요, 초기 설치비용이 많이 발생, 산소가 40% 이상 포함된 나이트록스의 제조 제한, 순수산소를 사용하므로 취급에 주의, 산소 센서의 올바른 관리 필요, 고가의 멤브레인 필터의 관리

주의 필요가 높게 나타났고, 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식 상의 문제점으로 CNS 산소중독에 대한 과도한 불안감, 익숙한 시스템에 젖어 새로운 장비 및 운용절차의 도입에 대한 거부감, 필요성에 대한 공감과 이해 부족, 우리나라 해난구조 작전환경에 맞지 않다는 인식이 높게 나타났다.

### 6.1.2 해군의 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 문제점의 개선방안

나이트록스 잠수기법 도입에 대한 문제점의 개선방으로 안전성에 대한 개선방안은 나이트록스 특성에 대한 정확한 이해와 운용방법의 교육, 안전성이 입증된 혼합시스템 구축, 사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소함량을 분석하는 절차 준수가 높게 나타났고, 운용 및 교육훈련에 대한 개선방안은 나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달, 명확한 매뉴얼 작성, 권위 있는 국외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성, 병과정 및 초급과정에 적용 검토가 높게 나타났다. 또한 제조상의 개선방안은 매뉴얼에 의한 충전절차 준수, 자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소, 산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육, 주기적인 산소 센서의 성능 확인 및 교체, 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화가 높게 나타났으며, 해군 인식상의 개선방안으로 효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적 인지도 개선, 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여, 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지가 높게 나타났다.

### 6.1.3 해군의 나이트록스 잠수기법 도입에 대한 변화 가능성과 희망의 정도

안전성에 대한 변화 가능성과 희망 정도에서는 미 해군 공기잠수 테이블에 EAD를 적용한 잠수테이블 도입, 고압 산소 사용 관련 안전대책 마련, 나이트록스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구, 주기적인 산소청결처리 PMS, 무자격자의 잠수 방지, 정확한 이해와 운용 방법 교육, 안정성이 입증된 혼합시스템 구축, 사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소함량을 분석하는 절차 준수, 일정 산소 부분압 잠수만 적용하여 다이빙 계획을 단순화 하는 것이 높게 나타났다.

운용 및 교육훈련에 대해서는 나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복

숙달, 명확한 매뉴얼 작성 및 이행, 지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증, 권위 있는 국외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성, 병과정 및 초급과정에 적용 검토, 산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견수렴, 담당교관의 나이트록스 숙지도에 대한 평가제 실시가 높게 나타났다.

기체 제조에 대해서 각 제조방법의 공통적인 사항은 매뉴얼에 의한 충전절차 준수, 전문 관리자 교육 및 양성, 나이트록스 전용 실린더 확보 및 운용, 제조 시 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용, 안전성이 인증된 시스템 설치, 기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정, 정규과정에 장비 운용 방법 교육, 자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소가 높게 나타났다. 부분압 방식은 산소 전용 장비를 사용하고 주기적인 산소청결처리, 산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육, 산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용, 잔압이 높은 상태에서 추가 충전이 가능하도록 산소부스터펌프 사용, 고압 산소 취급 담당자 지정(중사 이상) 운용이 높게 나타났다. 그리고 계속흐름 방식은 슬레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검, 산소 센서의 성능을 확인하고 교체시기 설정, 복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상이 높게 나타났다. 또한 멤브레인 방식은 주기적이고 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화, 장기적 계획으로 충전시스템 도입이 높게 나타났다.

새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식으로는 안정성이 인증된 시스템 구축, 필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토, 효율과 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선, 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지, 현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명, 나이트록스를 포함한 각 잠수기법별 운용수심에 대한 재논의, 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여, 테이블의 안전성 검증, 질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대, 나이트록스 잠수기법 교관 확보 및 교육과정 개설이 높게 나타났다.

#### 6.1.4 해군의 나이트록스 잠수기법 도입 방안

연구결과 및 논의를 바탕으로 도출한 해군의 나이트록스 잠수기법 도입방안은 아래와 같다.

첫째, 안전성 측면에서 미 해군 공기잠수 테이블에 EAD를 적용한 잠수테이블

도입이 필요하고, 고압 산소 사용 관련 안전대책 마련이 필요하며, 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요하다. 또한 주기적인 산소청결처리 PMS 실시와 무자격자의 잠수 방지가 필요하다.

둘째, 운용 및 교육훈련 측면에서 나이트룩스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요하고, 명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요하며, 지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증이 필요하다. 그리고 위탁교육을 통한 군내 전문가 양성이 필요하며, 병과정 및 초급과정에 적용이 필요하다.

셋째, 기체 제조 측면에서 매뉴얼에 의한 충전 절차를 준수해야하고, 전문 관리자 교육 및 양성이 필요하며, 나이트룩스 전용 실린더를 확보 및 운용이 필요하다. 또한, 부분압 방식의 경우 산소 전용 장비를 사용하고 주기적인 산소청결처리가 필요하며, 계속흐름 방식의 경우 산소 센서의 성능 확인 및 교체시기 설정이 필요하고, 멤브레인 방식의 경우 체계적인 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요하다.

넷째, 새로운 잠수기법을 도입하는데 대한 해군의 인식 측면에서 안정성이 인증된 시스템 구축이 필요하고, 필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토가 필요하며, 효율과 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선이 필요하다. 그리고 무자격자의 잠수를 방지해야 하며, 현 공기잠수 방식의 보완 필요성에 대한 설명이 필요하다.

## 6.2 제 언

본 연구를 통하여 나타난 결과는 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 작전능력 향상방안을 모색하는데 유용한 자료가 되리라 기대된다. 그러나 본 연구를 수행함에 있어 발견된 몇 가지 고려 사항들에 대한 후속 연구과제에 대해 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 본 연구는 나이트룩스 잠수기법을 도입하기 전 예상되는 문제점과 개선 방안을 제시한 것이다. 후속 연구에서는 나이트룩스 잠수기법을 해난구조잠수에 시험 적용하여 초기 단계에 발생하는 문제점을 식별하고, 이를 개선하는 방향으로 연구가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 본 연구는 나이트록스 잠수기법 도입에 대해 쟁점화 되고 있는 안전성, 운용 및 교육, 기체 제조, 새로운 잠수기법을 도입하는데 있어서 해군의 인식에만 한정하였으므로 후속 연구에서는 완전 개방형으로 나이트록스 잠수기법 도입의 문제점을 좀 더 포괄적인 관점에서 다룰 필요가 있을 것이다.



## 참고문헌

- 강성일, 2005. 생활체육 참여율 향상을 위한 정책연구. 석사학위논문. 서울:연세대학교.
- 강신영, 김호상, 2010. 과학 잠수 인증제도의 국내 도입 필요성에 관한 연구. 한국 마린 엔지니어링 학회지, 35(1), pp.118-125.
- 강용주, 2008. 델파이 기법의 이해와 적용사례. 수시과제보고서. 서울:한국장애인고용공단 고용개발원.
- 구수용, 2010. 델파이 방법을 활용한 엘리트 야구선수의 지원체제 구축방안 모색. 석사학위논문. 부산대학교.
- 권대현, 2016. 스킨스쿠버 다이빙 나이트룩스 EAN50 프로그램이 자폐성장장애인의 인지발달과 사회성발달에 미치는 영향. 석사학위논문. 부산대학교.
- 김동주, 2005. 한국 해군 해난구조 발전방향. 석사학위 논문. 진해:해군사관학교 군사과학대학원.
- 김두현, 1998. 엘리트체육 진흥을 위한 투자우선순위에 관한 연구. 박사학위논문. 서울:서울대학교.
- 김민철, 2012. 델파이 방법을 이용한 농촌관광의 고객접점 도출 및 만족도와의 상관관계 분석. 석사학위논문. 서울대학교.
- 김정수, 2008. 계층분석적 의사결정에 의한 경주스포츠 고객만족도 향상 방안. 박사학위논문. 서울:성균관대학교.
- 김태현, 강신영, 정주성, 2012. 한국의 해난구조 역량 분석 및 발전 방안 연구. 한국 마린 엔지니어링 학회지, 36(8), pp.1143-1150.

- 김태현, 2013. *Technical* 잠수기술과 소형 플랫폼을 이용한 해난구조 활동 효율성 제고 방안 연구. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 박성규, 2014. *텔레파이와 기술의 사회적 구성론 분석을 적용한 지상과 UHDTV방송 도입에 관한 연구*. 박사학위논문. 서울과학기술대학교.
- 박정식, 2008. *해군 잠수의 역할과 잠수 교육훈련체계 발전 방안*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 배종환, 2010. *합의텔레파이 방법을 활용한 한국 엘리트탁구 발전방안 모색*. 석사학위논문. 부산대학교.
- 석명규, 2012. *텔레파이 기법을 통한 한국대학골프연맹 대회 활성화 방안*. 석사학위논문. 서울:경희대학교.
- 서병우, 2009. *대한민국 해군 잠수함 구조능력 발전방향에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 소방방재신문, 2016.2.24. 감사원 ‘소방 물품·장비 구매’ 감사결과 보니….
- 연합뉴스, 2010.3.31. 천안함 실종자 조류따라 수백km까지 표류가능.
- 우대회, 2015. *거가대교 침매터널 잠수작업에서의 나이트록스 사용 사례 분석*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 우제삼, 2015. *한국 연·근해의 구조작전에서 해군 수중무인탐사기(ROV)의 효용성에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 유호휘, 2015. *대한민국 해군 해난구조작전을 위한 이동식 포화잠수체계 도입 및 활용방안에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 유정애, 2004. *체육학에서의 질적 연구 논문작성법*. 무지개사: 서울.
- 이명철, 2014. *텔레파이 방법을 활용한 마리나 및 해양스포츠센터의 지도자, 프로그램, 시설에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산대학교.
- 이성우, 2007. *정책분석론의 논리와 방법*. 조명문화사: 서울.
- 이종성, 2006. *텔레파이 방법*. 교육과학사: 서울.

- 이종성, 1987. 신입생선발전형기준의 타당도 평가연구. *연세교육과학*, 31, pp.5-17.
- 이준배, 유재훈, 손성건, 2011. Nitrox 공기통의 기체 분석에 의한 스쿠버다이버 사망원인 추정에 관한 연구. *한국마안전학회지*, 26(2), pp.42-47.
- 장형진, 2009. *대한민국 해군 심해구조잠수정의 현황 및 발전방향*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 정주성, 2012. *해난구조 능력 분석과 실 사례 분석을 통한 구조효율성 향상에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 정창호, 2004. *잠수사고 사례 고찰을 통한 안전대책에 관한 연구*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 주석범, 2006. *델파이 분석을 통한 엘리트 스포츠 미래전망*. 박사학위논문. 서울:국민대학교
- 최원경, 2009. *델파이 방법을 활용한 영어영재에 관한 연구*. 석사학위논문. 서울:고려대학교.
- 최유정, 2016. *고등학교 무상교육 도입방안에 관한 교원 및 학부모의 인식 분석*. 박사학위논문. 서울:중앙대학교.
- 편필장, 2012. *대한민국 해군 포화잠수 체계 현황과 발전방향*. 석사학위논문. 부산:한국해양대학교.
- 파이낸셜뉴스, 2004.10.20. *해경, 1000억 원대 예산 낭비*.
- 한국일보, 2016.9.28. *해군 추락 헬기 탑승자 3명 시신 발견...무인탐사기가 인양*.
- 해군본부, 2002. *교육훈련 교범*. 해군본부: 계룡.
- 해난구조대, 1998. *혼합기체잠수교범*. 해군인쇄창: 진해.
- 해양의료원, 2002. *잠수의학*. 2nd. 해양의료원: 진해.
- Baker, S.L., 1989. Managing Resistance to Change. *LIBRARY TRENDS*, 38(1), pp.53-61.

- Bennett & Elliott, 2003. *Physiology and Medicine of Diving, 5th Edition*. SUNDERS Ltd.
- Rutkowski, D., 2012. *EANx Diver*. Translated by 강신영. IANTD Korea: Korea.
- EBN뉴스, 2009.3.4. 한국선급, 국내 최초 심해잠수용 가스혼합기 개발.
- Lang, M.A., 2001. *Proceedings of the DAN Nitrox Workshop*, Durham, NC. November 3-4, 2000. Divers Alert Network: Durham.
- Lang, M.A., 2006. The state of oxygen-enriched air (nitrox). *Diving and Hyperbaric Medicine*, 36(2), pp.87-93.
- Lincoln, Y.S. & Guba, E.G., 1985. *Naturalistic inquiry*. Sage Publication: California.
- NAVY Experimental Diving Unit(NEDU), 1991. *NAVY experimental diving unit report No. 03-91(US NAVY Nitrox diving applications)*. Florida: NEDU.
- NOAA, 2001. *NOAA diving manual, 4th edition. Diving for Science and Technology*. Best publishing company.
- Powell, M., 2010. *Deco for divers*. Aqua Press, UK, pp181-188.
- Somers, L.H., 1995. *Advanced nitrox diver*. Translated by 강신영. IANTD Korea: Korea.
- USN, 2013. *US Navy Diving manual*. NAVSEA. Florida.

## <부록 A>

### 1차 델파이 설문지

안녕하십니까?

바쁘신 중에 귀중한 시간을 허락해 주셔서 대단히 감사합니다.

해군 해난구조 발전을 위해 노력하고 계시는 해난구조 전문가 여러분 본 연구는 나이트록스 잠수기법을 해군에 도입하는 방안에 대해 안전성 측면, 운용 측면, 교육 훈련 측면, 제조방안, 인식변화 측면에 대해 적합한 방안을 전망하여 나이트록스 잠수기법의 적절한 도입을 통해 해군 해난구조 작전능력을 향상시키는 데 그 목적이 있습니다.

이에 본 설문지는 3차에 걸친 연속적인 질문에 답하는 델파이 설문입니다. 해군의 나이트록스 잠수기법 도입에 대해 각 분야의 해난구조 전문가들의 의견이 합의점에 도달하게 되는 것입니다.

전문가께서 주신 의견은 이외의 용도로 쓰이지 않으며, 향후 해난구조발전에 귀중한 자료로 활용되어질 수 있으므로 솔직하고 성의 있는 답변을 부탁드립니다.

2016년 4월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양관리기술학과 석사과정 임 안

주소: 부산광역시 수영구 광일로36, 아라빌아파트 202동 404호

연락처: (핸드폰) 010-5087-8539, (학교) 051-410-5174

E-Mail: anil981@naver.com

귀하께서 해당되시는 부분에 V표 해주시기 바랍니다.

구 분	해당자	표시
해난구조작전 지휘관	해난구조 장교(중령 ~ 대령)	
팀장, 작전계획 수립자	해난구조 장교(대위 ~ 소령)	
인원·장비 관리 실무자, 잠수사	해난구조 준사관, 부사관 (준위, 상사 ~ 원사)	

※ 모든 문항은 우선순위를 고려하여 5가지 이내로 간략하고 명확하게 써 주시고 개인의 희망사항이 아닌 변화가능성을 중심으로 기술해 주십시오.

1-1. 귀하께서는 현재 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점은 무엇이라 생각합니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

1-2. 귀하께서는 현재 나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선방안은 무엇이라 생각합니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

2-1. 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다면 현재 사용하고 있는 공기잠수, 혼합기체잠수기법과 함께 운용될 것입니다. 이때 예상되는 운용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

2-2. 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다면 현재 사용하고 있는 공기잠수, 혼합기체잠수기법과 함께 운용될 것입니다. 이때 예상되는 운용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-1-1 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트록스 기체제조(부분압 방식)상의 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-1-2 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트록스 기체제조(부분압 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

2-2. 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다면 현재 사용하고 있는 공기잠수, 혼합기체잠수기법과 함께 운용될 것입니다. 이때 예상되는 운용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-1-1 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트록스 기체제조(부분압 방식)상의 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-1-2 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트록스 기체제조(부분압 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-2-1 해군에 나이트룩스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트룩스  
기체제조(계속흐름 방식)상의 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한  
우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-2-2 해군에 나이트룩스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트룩스  
기체제조(계속흐름 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까?  
가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-3-1 해군에 나이트룩스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트룩스  
기체제조(멤브레인 방식)상의 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한  
우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

3-3-2 해군에 나이트록스 잠수기법이 도입 된다고 했을 때 나이트록스 기체제조(멤브레인 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

4-1. 귀하께서는 현재 나이트록스라는 새로운 잠수기법 도입에 대한 해군의 인식 상의 문제점은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

4-2. 귀하께서는 현재 나이트록스라는 새로운 잠수기법 도입에 대한 해군의 인식 상의 문제점의 개선방안은 무엇이라 생각하십니까? 가장 중요한 우선순위를 고려하여 다섯 가지 이내로 써 주십시오.

- ① \_\_\_\_\_
- ② \_\_\_\_\_
- ③ \_\_\_\_\_
- ④ \_\_\_\_\_
- ⑤ \_\_\_\_\_

## 2차 델파이 설문지

안녕하십니까?

지난 번 1차 설문에 좋은 의견을 많이 제시하여 주셔서 논문 작성에 크게 도움이 되었습니다. 이번 2차 설문의 각 문항은 1차 설문 시 전문가들께서 제시하신 다양한 의견을 연구자가 종합 정리한 것입니다. **본 2차 설문은 본 연구의 가장 중요한 단계로서 각각의 문항에 귀하의 의견을 체크함으로써 전문가들이 서로의 의견을 합의하고 수렴해 나가는 과정입니다.**

본 설문 데이터는 연구 이외의 용도로는 절대로 쓰이지 않으므로 부디 솔직하고 성의 있는 답변을 부탁드립니다.

2016년 8월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양관리기술학과 석사과정 임 안

- 주 소: 부산광역시 수영구 광일로36, 아라빌아파트 202동 404호
- 연락처: (핸드폰) 010-5087-8539, (학교) 051-410-5174
- E-Mail: anil981@naver.com

※ 기재 방법 안내(1개 문항에 '변화가능성'과 '희망 척도'를 체크해주시시오.)

변화가능성 정도			희망 척도	
변화가능성	척도	확률(%)	희망	척도
거의 확실하다.	1	96이상	꼭 필요하다.	1
대단히 가능하다.	2	66-95	바람직하다.	2
가능성이 있다.	3	36-65	바람직하지 않다.	3
가능성이 희박하다.	4	6-35	유해하다.	4
거의 불가능하다.	5	5이하		

※ 기재 예시

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해안구조 발전방안 제2차 델파이 설문지									
변화를 예상하는 항목	변화가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실하다	대단히 가능하다	가능성이 있다	가능성이 희박하다	거의 불가능하다	꼭 필요하다	바람직하다	바람직하지 않다	유해하다
1차 설문의 문제점에 대한 각 영역의 개선 방안 내용	1	2	3	4	5	1	2	3	4
			√			√			

## 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선방안	변화가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실 하다  (96% 이상)	대단히 가능 하다  (68- 96%)	가능 성이 있다  (36- 67%)	가능성 이회박 하다  (6- 35%)	거의 불가능 하다  (5% 이하)	꼭 필요 하다	바람직 하다	바람직 하지 않다	유해 하다
1. 정확한 이해와 운용 방법 교육이 필요할 것 이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2. 안정성이 입증된 혼 합시스템 구축이 필요 할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
3. 사용 전 사용자가 직접 나이트록스 산소 함량을 분석하는 절차 준수가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
4. 나이트록스의 안전 성에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요 할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5. 미 해군 풍기 잠수 테이블에 EAD 적용한 잠수테이블 도입이 필 요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6. 운용자의 자격요건 을 설정, 무자격자의 잠수를 방지해야할 것 이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
7. 고압 산소 사용 판 련 안전대책을 마련(화 기엄금 등)해야 할 것 이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
8. 주기적인 산소청결 처리 PMS 실시가 필요 할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
9. 일정 산소부분압 잠 수만 적용한 다이빙 계 획의 단순화가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
10. 나이트록스에 대한 규정, 법 제정(국내법) 이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4

## 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

운용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점을 개선하기 위한 방안	변화가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실 하다 (96% 이상)	대단히 가능 하다 (68- 96%)	가능 성이 있다 (36- 67%)	가능성 이회박 하다 (6- 35%)	거의 불가능 하다 (5% 이하)	꼭 필요 하다	바람직 하다	바람직 하지 않다	유해 하다
1. 나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 숙달이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2. 명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
3. 지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
4. 권위 있는 국내의 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5. 산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견 수렴이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6. 병과정 및 초급과정에 적용 검토가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
7. 포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
8. 돌턴의 법칙을 단순화한 도표 사용, 이해 증진이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
9. 담당교관의 나이트록스 숙지도에 대한 평가제 실시가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
10. 관련법 제정이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4

## 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

나이트록스 기체제조(부분압 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	변화가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실 하다  (96% 이상)	대단히 가능 하다  (66- 96%)	가능 성이 있다  (36- 67%)	가능성 이회박 하다  (6- 35%)	거의 불가능 하다  (5% 이하)	꼭 필요 하다	바람직 하다	바람직 하지 않다	유해 하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. 산소 취급 및 나이트록스 충전에 대한 올바른 교육이 필요할 것이다.									
2. 안전성이 인증된 부분압 시스템 설치가 필요할 것이다.									
3. 산소 전용 장비를 사용, 주기적인 산소청결처리가 필요할 것이다.									
4. 잔압이 높은 상태에서 추가 충전 가능하도록 산소부스터필드 사용이 필요할 것이다.									
5. 대뉴얼에 의한 충전 절차 준수가 필요할 것이다.									
6. 산소 충전 속도를 제어하기 위한 밸브 사용이 필요할 것이다.									
7. 나이트록스 전용 실린더 확보/운용이 필요할 것이다.									
8. 고압 산소 취급 담당자 지정(중사이상) 운용이 필요할 것이다.									
9. 기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 필요할 것이다.									

## 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

나이트룩스 기체제조(계속호를 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	변화가가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실 하다  (96% 이상)	대단히 가능 하다  (66- 96%)	가능 성이 있다  (36- 67%)	가능성 이회박 하다  (6- 35%)	거의 불가능 하다  (5% 이하)	꼭 필요 하다	바람직 하다	바람직 하지 않다	유해 하다
1. 산소 센서의 성능을 확인하고 교체시기 설 정이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2. 매뉴얼에 의한 총전 절차 준수가 필요할 것 이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
3. 솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
4. 제조사 대응량 스트 리지 실린더에 저장 후 사용이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5. 자동화 패널 설치로 모니터링 소요 감소가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6. 복수의 산소센서 운 용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
7. 정규과정에 장비 운 영법 교육이 필요할 것 이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
8. 담당자 지정 후 주 기적인 관리 및 교육이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
9. 산소 40% 이상 나 이트룩스 필요시 다른 잠수기법 운용이 필요 할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

나이트록스 기체제조(멤브레인 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	변화가가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실 하다 (96% 이상)	대단히 가능 하다 (68- 96%)	가능 성이 있다 (36- 67%)	가능성 이희박 하다 (6- 35%)	거의 불가능 하다 (5% 이하)	꼭 필요 하다	바람직 하다	바람직 하지 않다	유해 하다
	1	2	3	4	5	1	2	3	4
1. 주기적이고 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요할 것이다.									
2. 다른 충전방식과 혼용하여 높은 산소 농도의 나이트록스 제조가 필요할 것이다.									
3. 전문 관리자 교육 및 양성이 필요할 것이다.									
4. 운용절차를 준수하고 숙달이 필요할 것이다.									
5. 산소함량을 확인하는 시간을 줄일 수 있도록 자동화 시스템 도입이 필요할 것이다.									
6. 장기적 계획으로 도입이 필요할 것이다.									
7. 정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.									

## 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제2차 델파이 설문지

새로운 잠수기법 도입에 대한 해군의 인식상의 문제점 개선방안	변화가능성 척도					희망 척도			
	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)	꼭 필요하다	바람직하다	바람직하지 않다	유해하다
1. 효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2. 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
3. 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지책이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
4. 절소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
5. 안정성이 인증된 시스템 구축이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
6. 나이트룩스 잠수기법 적용 계급에 대한 교관확보 및 교육과정 개정이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
7. 현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
8. 테이블의 안전성 검증이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
9. 나이트룩스를 포함한 각 잠수기법별 운용수십에 대한 재논의가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4
10. 필요성, 안전성, 경제성에 대한 종합적 검토가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5	1	2	3	4

### 3차 델파이 설문지

본 3차 설문의 각 문항은 2차 델파이 설문에서 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 모색으로 귀하를 포함한 **전문가 집단이 예측하여 주신 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 음영으로, 귀하의 응답은 X로 나타내었습니다.** 귀하의 응답결과가 대다수 전문가들의 추정치인 사분점간 음영의 범위를 벗어났을 경우, 2차 응답을 수정하셔서 사분점간 범위 내로 다시 응답할 수 있고, 2차 응답의 소신을 주장하실 경우는 그 이유를 의견란에 꼭 써 주시기 바랍니다. **사분점간 범위를 벗어난 응답은 개인별로 설문 제목 옆에 문항의 번호를 써 놓았으니, 사분점간 범위 내로 재 응답을 하시거나, 개인 의견을 기재하여 주시기 바랍니다.**

2016년 7월

한국해양대학교 해양과학기술전문대학원 해양관리기술학과 석사과정 임 안

- 주 소: 부산광역시 수영구 광일로36, 아라빌아파트 202동 404호
- 연락처: (핸드폰) 010-5087-8539, (학교) 051-410-5174
- E-Mail: ani1981@naver.com

#### ※ 예시 자료

#### 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

##### 변화가가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, **해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다.** 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전을 예상하는 항목	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (66-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
2차 설문의 문제점에 대한 각 영역의 개선 방안 내용	Md	x			
	1 . . . . [ .	2 . . . . ] .	3 . . . . .	4 . . . . .	5 . . . . .
	1	2	3	4	5
의견	이곳은 개인 의견을 쓰는 란입니다.				

## 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

### 변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트룩스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (66-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
<b>Md      x</b>					
1. 정확한 이해와 운용방법 교육이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					
<b>Md      x</b>					
2. 안정성이 인증된 혼합 시스템 구축이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					
<b>Md      x</b>					
3. 사용 전 사용자가 직접 나이트룩스 산소함량을 분석하는 절차 준수가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					
<b>Md      x</b>					
4. 나이트룩스의 안전성에 대한 전문가들의 지속적인 연구가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					
<b>Md      x</b>					
5. 미 해군 공기 잠수 테이블에 EAD 적용한 잠수 테이블 도입이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					
<b>Md      x</b>					
6. 운용자의 자격요건을 설정, 무자격자의 잠수를 방지해야할 것이다.	1	2	3	4	5
의 견					

## 나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

### 변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트록스 잠수기법의 안전성에 대한 문제점의 개선방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)	
<b>7. 고압 산소 사용 관련 안전대책을 마련(화기압급 등)해야 할 것이다.</b>	Md      x					
	1 . . . . . [ 2 . . . . . ] 3 . . . . . 4 . . . . . 5 . . . . .					
	1	2	3	4	5	
의 견						
<b>8. 주기적인 산소청결처리 PMS 실시가 필요할 것이 다.</b>	x      Md					
	1 . . . . . [ . . . 2 . . . . . ] 3 . . . . . 4 . . . . . 5 . . . . .					
	1	2	3	4	5	
의 견						
<b>9. 일정 산소부분압 잠수 만 적용한 다이빙 계획의 단순화가 필요할 것이다.</b>	Md      x					
	1 . . . . . 2 . . . . . [ . . . 3 . . . . . ] 4 . . . . . 5 . . . . .					
	1	2	3	4	5	
의 견						
<b>10. 나이트록스에 대한 규 정, 범 제정(국내법)이 필 요할 것이다.</b>	x      Md					
	1 . . . . . 2 . . . . . [ . . . 3 . . . . . ] 4 . . . . . 5 . . . . .					
	1	2	3	4	5	
의 견						

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

운용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점을 개선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
----------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

1. 나이트록스에 대한 정확한 교육훈련 및 반복 속도가 필요할 것이다.	Md		x		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

2. 명확한 매뉴얼 작성 및 이행이 필요할 것이다.	x		Md		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

3. 지속적 사용을 통한 기체의 안전성 및 효율성 검증이 필요할 것이다.	Md		x		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

4. 권위 있는 국내외 기관 위탁교육으로 벤치마킹 및 군내 전문가 양성이 필요할 것이다.	Md		x		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

5. 산업잠수 전문가에 의한 초빙교육 및 의견수렴이 필요할 것이다.	Md		x		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

6. 병과정 및 초급과정에 적용 검토가 필요할 것이다.	x		Md		
	1	2	[ 3 ]	4	5
의견	1	2	3	4	5

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

응용상 그리고 교육훈련에 대한 문제점을 개선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
----------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

	x	Md			
7. 포화잠수와 같은 특수과 개설이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의견	1	2	3	4	5

	x	Md			
8. 돌턴의 법칙을 단순화한 도표 사용, 이해 증진이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의견	1	2	3	4	5

	x	Md			
9. 담당교관의 나이트록스 숙지도에 대한 평가제 실시가 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의견	1	2	3	4	5

	x	Md			
10. 관련법 제정이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
의견	1	2	3	4	5

## 나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

### 변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트룩스 기계제조(부품 암 방식)상의 문제점을 개 선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
----------------------------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------

	<b>x</b>	<b>Md</b>			
1. 산소 취급 및 나이트룩스 스 충전에 대한 올바른 교 육이 필요할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

	<b>x</b>	<b>Md</b>			
2. 안전성이 인증된 부분 암 시스템 설치가 필요할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

	<b>Md</b>	<b>x</b>			
3. 산소 전용 장비들 사용, 주기적인 산소청결처리가 필요할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

	<b>x</b>	<b>Md</b>			
4. 전압이 높은 상태에서 추가 충전 가능하도록 산 소부스터펌프 사용이 필요 할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

	<b>Md</b>	<b>x</b>			
5. 매뉴얼에 의한 충전절 차 준수가 필요할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

	<b>Md</b>	<b>x</b>			
6. 산소 충전 속도를 제어 하기 위한 밸브 사용이 필 요할 것이다.	1	[ 2 ]	3	4	5

의견

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트록스 기체제조(부분 암 방식)상의 문제점을 개 선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
----------------------------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------

7. 나이트록스 전용 실린 더 확보/운용이 필요할 것 이다.	Md    x				
	1	2	3	4	5
의 견					

8. 고압 산소 취급 담당자 지정(중사이상) 운용이 필 요할 것이다.	x    Md				
	1	2	3	4	5
의 견					

9. 기체 혼합 비율에 대한 오차 범위 설정이 필요할 것이다.	x    Md				
	1	2	3	4	5
의 견					

나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트룩스 기체제조(계속호흡 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
---------------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

1. 산소 센서의 성능을 확인하고 교체시기 설정이 필요할 것이다.	x Md				
	1	2	3	4	5

의견

2. 메뉴얼에 의한 충전 절차 준수가 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

3. 솔레노이드 밸브와 전기장치의 주기적인 점검이 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

4. 제조사 대용량 스토리지 실린더에 저장 후 사용이 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

5. 자동화 판넬 설치로 모니터링 소요 감소가 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

6. 복수의 산소센서 운용을 통한 정확도 및 신뢰도 향상이 필요할 것이다.	x Md				
	1	2	3	4	5

의견

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 제 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트록스 기체제조(계속 호흡 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
----------------------------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------	-------------------------	------------------------

	x	Md			
7. 정규과정에 장비 운영 법 교육이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

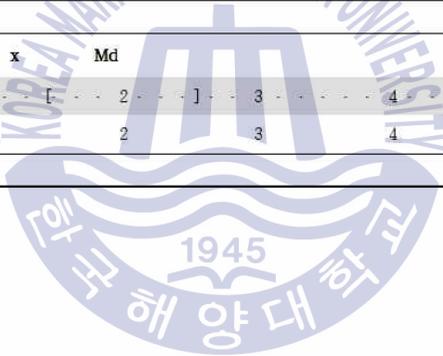
의견

	x	Md			
8. 담당자 지정 후 주기적 인 관리 및 교육이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

의견

	x	Md			
9. 산소 40% 이상 나이트 록스 필요시 다른 잠수기 법 운용이 필요할 것이다.	1	2	3	4	5
	1	2	3	4	5

의견



나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해단 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

나이트록스 기체제조(멤브레인 방식)상의 문제점을 개선하기 위한 방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
---------------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

1. 주기적이고 체계적인 시스템 관리로 멤브레인 고장 최소화가 필요할 것이다.	x	Md			
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

2. 다른 충전방식과 혼용하여 높은 산소 농도의 나이트록스 제조가 필요할 것이다.	x	Md			
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

3. 전문 관리자 교육 및 양성이 필요할 것이다.		Md	x		
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

4. 운용절차를 준수하고 숙달이 필요할 것이다.		x	Md		
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

5. 산소함량을 확인하는 시간을 줄일 수 있도록 자동화 시스템 도입이 필요할 것이다.		Md	x		
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

6. 장기적 계획으로 도입이 필요할 것이다.		Md	x		
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

7. 정규과정에 장비 운용법 교육이 필요할 것이다.		Md	x		
	1	[ . . . . . 2 . . . . . ]	3	. . . . . 4	. . . . . 5
	1	2	3	4	5

의견

나이트록스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해단 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 재 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

새로운 잠수기법 도입에 대한 해군의 인식 상의 문제점 개선방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (65-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
------------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

1. 효율, 장점 등을 정확하게 교육하여 점진적인 인지도 개선이 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

2. 지속적인 교육과 반복된 실습기회 부여가 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

3. 자격요건을 강화하고 무자격자의 잠수 방지가 필요할 것이다.	x Md				
	1	2	3	4	5

의견

4. 질소마취와 CNS 산소중독에 대한 연구 및 교육 확대가 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

5. 안정성이 인증된 시스템 구축이 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

6. 나이트록스 잠수기법 적용 계급에 대한 교관 확보 및 교육과정 개정이 필요할 것이다.	Md x				
	1	2	3	4	5

의견

나이트룩스 잠수기법 도입을 통한 해난구조 발전방안 제3차 델파이 설문지

변화가능성 척도

아래 응답의 척도 상단에는 제 2회 설문에 대한 전문가들의 응답결과를 요약하여 중앙치는 Md로, 사분점간 범위는 [ ]로, 해당 전문가의 응답은 X로 나타내었으며, 하단에는 각 질문에 다시 응답을 할 수 있도록 되어 있습니다. 선생님의 제 추정치가 대다수의 전문가들의 추정치와는 달리 [ ] 범위를 벗어났을 때는 그 이유를 의견란에 적어주시기 바랍니다.

새로운 잠수기법 도입에 대한 해군의 인식 상의 문제점 개선방안	거의 확실하다 (96% 이상)	대단히 가능하다 (68-96%)	가능성이 있다 (36-67%)	가능성이 희박하다 (6-35%)	거의 불가능하다 (5% 이하)
------------------------------------	---------------------	----------------------	---------------------	----------------------	---------------------

7. 현 공기잠수 방식을 보완할 필요가 있다는 것을 설명이 필요할 것이다.	x		Md		
	1	2	3	4	5
의견					

8. 테이블의 안전성 검증이 필요할 것이다.	x		Md		
	1	2	3	4	5
의견					

9. 나이트룩스를 포함한 각 잠수기법별 운용수심에 대한 제논의가 필요할 것이다.	x		Md		
	1	2	3	4	5
의견					