

해양에서의 부유물 감김 사고에 대한 고찰

- 부유물 식별을 위한 드론기반 초분광 이미징 이론적 검토 -

† 강신백

† 한국해양교통안전공단 책임검사원

A Study on the Foul of Propeller Accident in The Sea

- Theoretical Review of Drone-Based Hyperspectral Imaging for Floating Objects -

† Shin-Baek Kang

† Senior Inspectors, Korea Maritime Transportation Safety Authority, Sejong-si 27, Korea

요 약 : 여객선 이용객이 해마다 증가함에 따라 여객선 항로 교통안전이 관심이 커지고 있다. 여객선은 많은 사람이 이용하는 다중이용선박으로 각별히 안전에 대한 주의가 요구되며 대형피해를 예방, 저감하기 위해서 해양교통에 따른 사고 대비책을 강구해야 한다. 해양에서 부유물에 의한 감김 사고를 줄이기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으나, 여전히 사고는 확연히 줄어들지 않고 있다. 이번 연구에서는 초분광 카메라를 활용하여 부유물을 식별하는 기술에 대한 이론적 검토 결과를 제시하고자 한다. 드론의 기술과 활용가능성을 검토하였다. 또한 편광필터, 초분광 카메라 활용을 검토하였다. 검토 결과 부유물 식별에 초분광 이미징 기술 적용이 가능하며 향후에 해수면 빛 반사 정도를 측정하고, 물체로 부터의 고유의 빛 파장에 대한 연구가 추가로 필요하다는 결론을 얻었다.

핵심용어 : 해양교통, 부유물 감김, 해양사고, 빛 반사, 초분광 카메라, 드론

Abstract : As the number of passenger ship users increases each year, the importance of traffic safety for passenger ship routes is becoming more prominent. A passenger ship is a multi-use vessel frequented by numerous individuals, and special attention to safety is imperative. To prevent and mitigate large-scale damage, preparedness for marine traffic accidents is crucial. Although significant efforts are being made to reduce accidents caused by floating objects in the ocean, such incidents have not significantly decreased. This study presents the results of a theoretical review on the technology for identifying floating objects using hyperspectral cameras. The effectiveness and usability of drone technology were also assessed. Additionally, the functionalities of polarization filters and hyperspectral cameras were evaluated. The study concluded that hyperspectral imaging technology is applicable for identifying floating objects and that future research should measure the degree of light reflection at sea level and further explore the inherent light wavelength emissions from these objects.

Key words : maritime transportation, foul of propeller, maritime accident, sun glint, hyperspectral camera, drone

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 필요성

우리나라 총 인구는 2022년도 대비 0.39% 줄어 2023년 기준 51,439천명이다(MOIS, 2023). 바다와 함께 생계를 이어가고 있는 어가인구도 2022년 대비 3.1% 줄어 90천명이다(KOSTAT, 2023). 그에 반해 여객선을 이용하는 인구의 수는 2022년 대비 20.5% 늘어 2023년에는 약 14천여 명이다(MOF, 2024). 이처럼 여객을 수송하는 여객선의 이용객이 늘어나면서 Table 1과 같이 여객선 해양사고 발생비율이 전년 대비 94.4%(사고척수 70척) 상승하면서 급격하게 사고가 증가하였

다. 한국의 총인구와 어가인구는 지속적으로 감소하고 있는 반면, 여객선을 이용하는 인구는 점차 증가하고 있는 추세이다. 특히 많은 사람이 이용하는 여객선에서의 사고가 크게 증가하면서 해양교통안전에 대한 관심이 높아지고 있다(MOF, 2024). 여객선은 13인 이상의 여객을 운송할 수 있는 선박으로 많은 사람이 이용하는 다중이용선박이므로 각별히 안전에 대한 주의를 기울여야 하며, 대형피해를 예방, 저감하기 위해서 해양교통 관련사고 대비책을 강구해야 한다(MOF, 2024). 특히 여객선 해양사고 중 부유물 감김에 의한 사고가 지속적으로 발생하여 인명 및 재산의 피해가 발생하고 있다(Park, 2023). 수면과 수중을 떠다니면서 해양사고를 유발하는 부유물은 주로 페로프, 페그물이다. 이러한 페어망류는 해양폐기물

† 정희원, sbkang@komsa.or.kr 044)330-2350

(주) 이 논문은 “해양에서의 부유물 감김 사고에 대한 고찰”이란 제목으로 “2024 공동학술대회 한국항해항만학회논문집(제주국제컨벤션센터, 2024.5.23.-24, pp.121-123)”에 발표되었음.

에 속하며, 해상에서 선박의 운항 시에 발생하는 폐기물이다 (MEIS, 2024). 정부에서는 해양사고 예방교육, 페어망 수거 등 부유물 감감 사고를 줄이기 위한 다양한 노력을 기울이고 있으나, 부유물 감감 사고가 현저히 줄어들고 있지 않다. 관련 사고가 지속적으로 발생하는 것을 살펴봤을 때 기존의 사고저감 방법에 대하여 재검토할 필요가 있으며, 사고를 저감할 수 있는 실효성 있는 방법을 찾는 연구를 할 필요가 있다(Choi, 2019). 그간 해양사고를 줄이기 위해서 다양한 분석과 연구를 진행하였다(Lee, 2011; Lee, 2014; Chong, 2022; Park, 2023). 본 연구에서는 다양한 기술을 활용하여 부유물을 식별할 수 있는 방법을 제시하고자 한다.

Table 1 Accident status (Unit : thousand, No., %)

Year	Total population	Passengers	Accidents(a)	Foul of Propeller accident(b)	(a/b)
2018	51,826	15,625	44	9	20.5
2019	51,849	14,585	53	8	15.1
2020	51,829	10,602	47	6	12.8
2021	51,638	11,461	36	4	11.1
2022	51,439	13,991	70	13	18.6

Source : Marine Accident Statistics Report, KMST, 2023

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 우리나라 연안을 향해하는 연안여객선 항로상 발생하는 부유물 감감 사고를 저감하기 위한 방법에 대하여 고찰한 결과를 제시하는 것이다. 부유물 감감 사고 저감을 위한 정부정책 방향과 방법 및 부유물 식별에 영향을 미치는 요소, 식별방법에 대해 전반적인 분석과 고찰을 수행하였다. 드론을 활용한 방법을 검토하고, 빛의 파장, 물체별 나타내는 빛의 스펙트럼을 구별할 수 있는 초분광 카메라를 이용한 부유물 탐색 및 식별방법을 기존 연구결과와 함께 이론적으로 검토하였다.

1.3 기존 사고저감 방법 고찰

해양사고를 유발하는 부유물에 대한 사고저감 방법은 크게 해양폐기물 관련 환경교육, 해양 및 바닷가에 유입, 투기, 방치된 폐기물에 대한 수거와 재활용 및 사고발생시 대응으로

나눌 수 있다. Table 2와 같이 해양폐기물의 출처는 폭우로 인하여 육지로부터 흘러들어오는 폐기물이 있고, 바다에서 조업이나 불법으로 버려지는 폐기물이 있다(MEIS, 2024). 해양폐기물 증가 문제 대응과 체계적 관리를 위해 2019년도에 “해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법”을 제정하였으며, 2020년 12월부터 시행되고 있다. 해양폐기물 및 해양오염퇴적물을 체계적으로 관리하고자 2021년에 “제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획”이 수립되었다. 이 계획은 2021년부터 2030년까지의 중장기 계획이며, 해양폐기물의 현황조사, 수거처리, 저감, 관리에 필요한 사항이 담겨져 있다. 해양수산부에서는 해양쓰레기의 체계적 관리를 위하여 해양쓰레기 발생 예방, 인식개선 등 중장기 정책목표를 담은 “해양쓰레기 관리 기본계획”을 수립하여 이행중이다. 해양수산부에서는 또한 2021년에 “제2차 해양환경교육 종합계획”을 수립하여 낚시꾼, 어업인 대상으로 해양쓰레기 관련 관리방안에 대한 교육을 실시하고 있다. 이와 같이 폐기물 발생으로 해양 환경이 위협받고, 선박운항의 위험요소로 자리 잡고 있는 현실 속에서 정부와 지자체의 대응방법은 교육, 수거와 재활용의 정책에서 벗어나지 못하고 있는 실정이다.

Table 2 Source and type of marine waste

Source of discharge		Type of waste
Land	Heavy rain, Flood	Rope, Net, Vinyl, Plastic, Wood
Sea	Fishing, Illegal dumping	

Table 3 The amount of marine waste (Unit : ton)

	Source	ton	%
Land	River(usually)	25,180	17.3
	River(floods)	928	0.6
	Vegetation(floods)	61,152	42.1
	Coastal water	7,554	5.2
	Total	94,814	65.3
Sea	Lost fishing gear	38,105	26.2
	Fishing household waste	511	0.4
	Fish farm waste	6,462	4.4
	Port inflow	5,366	3.7
	Total	50,444	34.7

Source : Korea marine environment management corporation

Table 4 Collection volume of marine waste (Unit : ton)

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Coast	67,464	99,807	28,483	53,129	48,547	41,997	48,053	48,464	75,131	111,592
Float	4,160	3,757	4,213	4,454	4,330	4,697	4,460	5,666	7,713	8,558
Deposition	21,274	18,802	16,384	19,353	16,252	24,146	29,662	41,502	25,800	18,212
Total	92,898	122,366	49,080	76,936	69,129	70,840	82,175	95,632	108,644	138,362

Source : Basic plan for the management of marine waste and marine pollution deposits, 2021

2. 부유물 감김 사고 현황

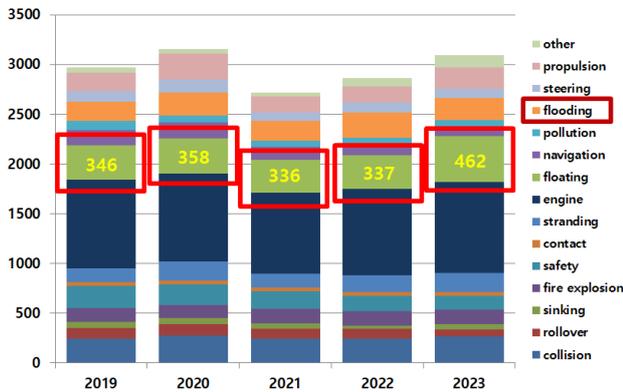


Fig. 1 Current status of marine accidents

2019년부터 2023년까지 최근 5년간 해양사고 발생현황을 분석하였다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 해양사고 중 기관손상 사고(4368건, 29.5%)가 가장 높은 비율을 차지하고 있으며, 다음으로 높은 비율(1839건, 12.4%)을 차지하고 있는 사고는 부유물 감김 사고다. 2019년 346척 발생하였으며, 2023년에는 462척의 부유물 감김 사고가 발생하였다(KMST, 2024). 2021년도에 소폭으로 줄어들었으나, 지속적으로 증가하는 추세임을 확인할 수 있다. 이는 Table 1에서 나타난 것처럼 연안여객선의 해양사고의 경향과도 비슷하며, 부유물 사고발생 지역과 여객선 항로를 비교함으로써 연안여객선의 부유물 감김 사고 연관성에 대해서 좀 더 객관적인 근거를 제시하고자 한다.

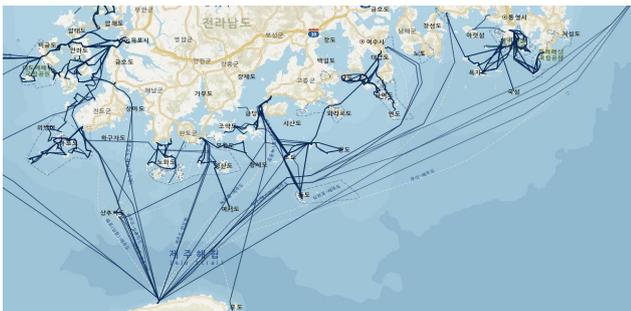


Fig. 2 Coastal ferry route(South sea)

국내 연안여객선 중 남해를 운항하는 선박의 항로는 Fig. 2와 같다(MTIS, 2024). 국내 연안여객선은 총 102개의 항로를 152척의 선박이 운항을 하고 있으며 도서가 많이 분포되어 있는 서해와 남해에는 다른 지역보다 더 많은 항로가 서로 얽혀서 구성되어 있다. 서해 및 남해 여객선 항로에는 여객선뿐 아니라 다수의 어선들도 항해하고 있으며, 양식장 또한 조밀하게 배치되어 태풍 및 강풍 등 자연재해에 의해 다수의 어망이 유실되는 등 부유물 발생 가능성이 매우 높은 조건을 갖추고 있다.



Fig. 3 Contrasting the Coastal Ferry Route and the Location of Foul of Propeller Accident in South sea

최근 5년 간 부유물 감김 사고의 분포도를 계층적 클러스터링 알고리즘을 활용하여 GIS기반 사고 분석을 한 결과 남해 지역의 여객선 항로와 사고위치를 비교분석한 결과는 Fig. 3과 같다(MTIS, 2024). 이는 가까운 지점을 그룹으로 합치는 알고리즘으로 지도의 축척에 따라 군집의 크기가 변경된다. 여객선 운항항로와 부유물 감김 사고의 분포도를 비교하면, 운항항로에 주로 부유물 감김 사고가 일어나는 것을 확인할 수 있었으며, 육지와 가까운 곳뿐만 아니라 원거리에서도 사고가 발생하는 것을 발견할 수 있었다. 이로 인해 여객선뿐만 아니라 모든 해상 운항 선박의 안전을 심각하게 위협하며, 종종 큰 인명피해로 이어지기도 한다(Lee, 2023).

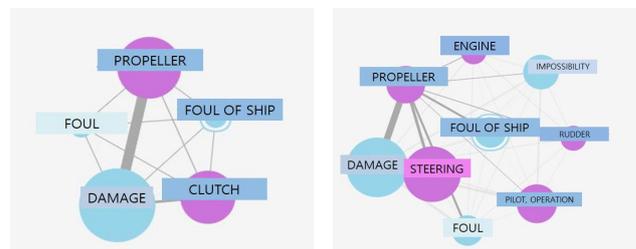
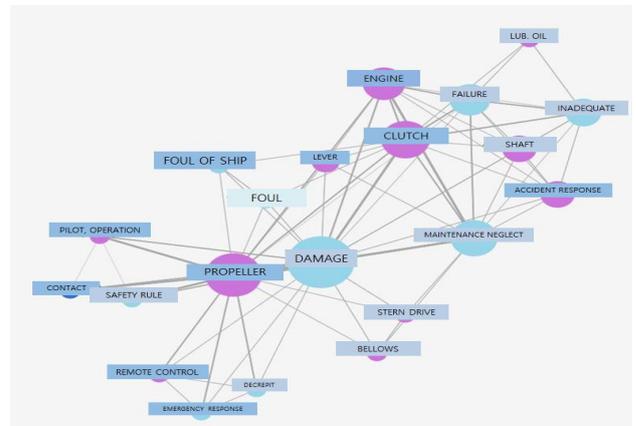


Fig. 4 Keyword analysis results

MTIS에서 제공하는 해양에서의 부유물 감김 사고 정보를 워드클라우드 기반으로 키워드를 분석한 결과 Fig. 4에 나타난 것처럼 조타장치 및 추진축계 손상의 주요 환경적인 요인은 부유물에 의한 선체 감김으로 분석되었다. 해양쓰레기 중

물 밖, 해수면 상에 있는 스티로폼과 같이 쉽게 육안으로 식별이 가능한 부유물이 있는 반면에 선박에 피해를 줄 부유물의 종류는 어망, 줄과 같은 어구로써 물속에 잠김 상태로 떠다니고 있어 선박에서 항해 중에 식별하기가 어렵다.

3. 기존 대응방법의 한계

기존에는 부유물 감김 사고 저감을 위해서 교육, 수거, 재활용의 방법을 정책으로 수립하고 추진을 하고 있으나 여러 문제점들이 발견되고 있다. 폐기물부담금 부과 대상 여부에 대하여 해석상의 논란이 있으며, 어업인들은 자신의 어구 위치가 노출되는 것을 대단히 꺼리기 때문에 어구실명제는 현실적으로 유명무실한 제도라는 비판이 끊임없이 제기되고 있다 (Oh, 2022). 항만근처나 해안가로 밀려오는 부유물을 위주로 수거를 하고 있는 방법 또한 연안여객선이 항해 중 발생할 수 있는 부유물 감김 사고를 미리 예방하기에는 다소 미흡한 실정이다. 교육 또한 마찬가지 이다. 폐어망으로 인한 해양생태계 위험, 해양사고 위험에 대한 경각심 부족은 여전히 바다에 폐어망 등 투기하는 모습으로 나타나고 있다.

4. 해상에서의 부유물 식별 방법

4.1 드론을 이용한 부유물 식별방법

부유물 감김 사고를 예방하기 위해서는 부유물을 식별하는 것이 우선이며, 이를 위해서는 직접 관찰하는 것이 가장 정확하다. 그러나 사람의 육안이나 선박 혹은 위성의 자료를 통해서 식별하기에는 거리적 제한, 정확도의 한계가 있다. 바다 해수면과 근접하면서 부유물을 식별하여 부유물에 의한 사고를 예방하기 위해서는 드론(drone)을 활용하는 것이 효율적이다. 드론은 무인항공기로 조종사가 비행체에 탑승하지 않고 지상에서 원격조정(Remote piloted)하는 것으로 자동(auto piloted) 또는 반자동(semi auto piloted) 방식으로 자율 비행하는 시스템을 말한다. ‘드론’이란 용어는 영문 무인항공기를 통칭하는 속어이다(Ru and Park, 2024). 해양에서 활용되고 있는 드론은 해양 오염 대응용, 해양 감시 및 순찰용, 해양 환경 모니터링용이 있다. 제3차 국가해사안전기본계획에 따르면 비대면·원격검사제도 시행으로 드론활용이 확대할 것으로 전망하는 등 해사안전관리를 위하여 드론과 같은 선제적인 기술을 도입하기로 하였다. 2024년 해사안전시행계획에는 수색·구조체계 고도화, 항만시설 안전점검을 위해서 드론을 추가로 도입하는 계획을 수립하였다. 이는 정부에서도 드론의 실효성이 검증되었으며 확대할 필요성이 있음을 나타내고 있는 것이다. 해양 분야에서 드론을 활용하여 안전점검, 모니터링 등을 수행하고자 하면 장시간을 이동할 수 있는 드론의 기술이 필요하다(KIMST, 2020). 최근에는 드론의 경량화와 배터리 기술 발전으로 드론의 비행시간이 연장되었다. 국내 기업에서

최대 80km까지 2시간 동안 비행을 할 수 있는 수소 연료전지 드론을 개발한 바가 있다(Lee, 2023). Lim(2023)은 비행시간이 최대 55분인 기존 드론 제품인 DJI Matrice 300 RTK 모델을 사용해서 3차원 지형지물 모델링 품질평가 연구를 하였다. Jang(2023)은 국내 연안여객 항로 분석 시 연안여객선 평균 운항거리는 72.4km라고 발표하였다. 이 거리는 드론이 10m/s의 속도로 비행했을 경우 약 2시간이 소요된다. Jang(2024)의 연구에 따르면 연안여객선의 종류별로 평균 운항거리를 조사한 바 있으며, 일반선은 24.4km, 차도선은 30.7km, 고속선은 70.0km 이라고 밝혔다. 드론이 10m/s 속도로 차도선의 평균 운항거리 30.7km를 비행하는 데 소요되는 시간은 0.85시간(51분)이다. 이를 통해 드론을 활용하여 일정거리의 선박항로를 탐색하는 것이 가능하다는 것을 알 수 있다. 드론을 사용하여 부유물을 식별하고 식별한 부유물에 대한 정보를 실시간으로 관제시스템을 통해서 모니터링을 한 후 해당 항로를 운항하는 선박이나 부유물을 수거 처리하는 선박에 정보를 전달하는 개념은 Fig. 5와 같다.

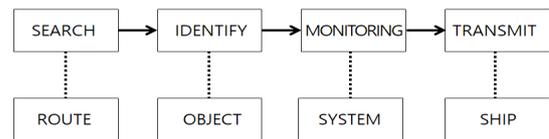


Fig. 5 Conceptual diagram showing Search the Route, floating object identification, control system communication and information delivery to ships

드론은 GNSS, LiDAR, 고화질 카메라, 대용량 배터리, 각종 센서 등의 기술을 통해 물체의 위치를 파악하고, 식별된 부유물의 종류와 위치를 확인하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 이러한 기술은 드론을 통해 수집된 데이터의 분석을 통해 가능하며 기존 사고 저감 방법에 비해 시간이나 비용이 효과적일 것으로 예상된다.

Table 5 GNSS component

System	Principle
Space Segment Control Segment User Segment	Satellite trans Signal reception Signal propagation Time calculation

Table 6 LiDAR component

Principle	Performance	Role
Laser launch Reflection detect. Time measure Distance cal.	High precision High scan speed Vari.wavelength	Vegetation anal. Monitoring Forest manage. Urban planning

수중드론(Underwater Drone)을 활용하여 바다 속에 떠다니는 부유물을 식별하면 가장 정확하게 물체를 확인할 수 있으나, 드론의 움직임에 대한 제한이 있어서 연안여객선이 운항하는 항로와 같이 넓은 면적을 모니터링하기에는 시간이 많이 소요되어 비효율적이다. 항로에 떠다니는 부유물을 관측하고 부유물을 움직임을 예측하여 항로에서 운항하는 연안여객선에 정보를 전달하여 회피를 하거나 부유물 수거기관에 전달하여 제거를 하는 등 부유물 감짐에 의한 사고를 예방하기 위해서는 수면 위에서 비행하는 드론을 사용하는 것이 가장 효율적으로 판단된다.

4.2 편광필터 장착한 카메라를 활용한 부유물 식별방법

태양빛은 수면을 만나면 Fig. 6과 같이 스넬의 법칙에 따라 일부는 반사하고 일부는 투과하게 되어 반사되는 빛으로 인해 빛이 투과된 해수면 아래가 잘 보이지 않는다. 스넬의 법칙은 빛, 유리, 공기 등 특정 매체에 대한 굴절각, 입사, 굴절률의 법칙 사이의 관계를 설명하는 법칙이다. 파동의 굴절에 관한 법칙으로 빛을 포함한 모든 파동에 대해 성립한다. 굴절에 관한 물리법칙인 것이다. 서로 다른 두 매질이 맞닿아 있을 때 매질을 통과하는 빛의 경로는 매질마다 광속이 다르므로 휘게 되는데, 그 휘 정도를 빛의 입사 평면상에서 각도로 표시하면 θ_1 과 θ_2 가 된다. 그러므로 일반적인 카메라를 장착한 드론을 사용하면 바다 속 부유물을 정확히 식별하는데 한계가 있다.

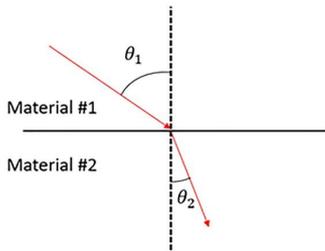


Fig. 6 Snell's law ($\beta_1 \sin(\theta_1) = \beta_2 \sin(\theta_2)$) applied to an electromagnetic wave incident from the air region on the ground(Ulaby & Ravaioli, 2019)

빛이 매질을 만나 산란과 반사를 통해 여러 형태로 형성된 편광된 빛을 일정한 방향의 빛만으로 걸러주는 역할을 하는 편광필터(PL, Polarizing Filter)를 사용하면 반사된 편광 빛을 제거할 수 있으므로 식별에 기여할 수 있다(Yoo, 2023). 일반적인 편광필터는 PL필터로 불리며, AF 카메라에는 편광필름을 한 장 더 덧붙인 CPL(Circular Polarizing Filter) 필터가 있으며, 이는 PL 필터를 사용했을 때 광량 부족으로 인해 초점을 놓치는 경우가 있는데, 이를 보완하기 위해 CPL를 사용하는 것으로 이는 드론용으로 적합할 것으로 판단된다. Fig. 7과 같이 편광필터는 방향과 평행한 전기장을 통과하는 슬릿 역할을 하는 편광 축을 가지고 있다. 전자파의 편광방향은 전기장의 방향으로 정의된다.

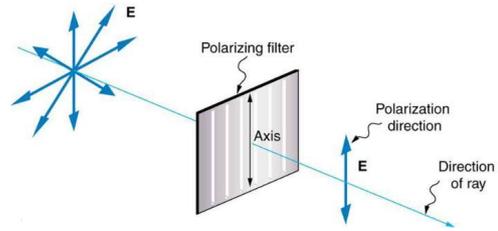


Fig. 7 A polarizing filter(voer.edu.vn)

4.3 초분광 카메라를 활용한 부유물 식별방법

일반 카메라를 사용하면 가시광선 밴드만을 이용하게 되므로 편광필터로도 거르지 못하는 반사 빛이 있다. 해저질, 바닷물의 색상 및 탁도 등에 따라 물체의 식별에 한계가 있다(Oh, 2017). Lyzenga(2006)은 대상 해역의 물리적 특성이 일정한 경우를 가정하여 N개의 스펙트럼 밴드를 이용하면 된다고 제안했다. Fig. 8과 같이 초분광 이미징 시스템은 광원, 광학계, 스펙트럼 분산 장치, 이미지 센서로 구성된다. 스펙트럼 밴드가 10개 이하면 다분광 이미징(Multispectral imaging), 10개 이상이면 초분광 이미징(Hyperspectral imaging)으로 구분된다. Kim(2023)은 수심과 관련이 있는 특정 파장을 연구로 도출하였고 기존 기술에 비해 수심 측량의 정확도를 높였다. 이와 같은 연구 결과를 바탕으로 초분광 파장대역(가시광, 근적외선, 자외선, CPL필터)을 가지는 카메라를 이용하여 부유물 탐색에 기여할 수 있다.

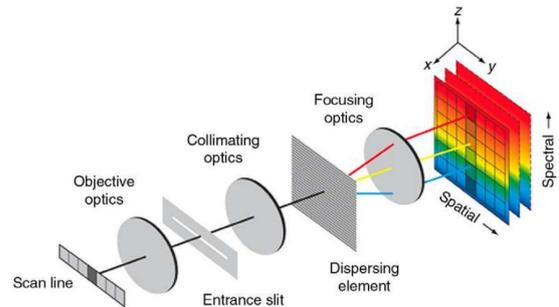


Fig. 8 Optical chain of a common imaging spectrometer (Srivastava et al., 2009)

5. 결 론

본 연구는 많은 사람이 이용하는 연안여객선의 항로에서의 안전을 확보하기 위해서 부유물 감짐 사고를 예방하기 위하여 바다에 떠다니는 부유물의 식별방법에 대하여 이론적 검토결과를 제시하고자 하였다. 부유물 감짐 사고는 여객선을 포함한 모든 해상 운항 선박에 큰 위협이 되고 있다. 교육, 수거 등의 기존의 방법으로는 사고를 저감하기에는 한계가 있다. 사고 전에 이러한 부유물을 효과적으로 식별하고 위치를 파악하여 정보를 전달하는 등 필요한 조치를 취하는 것이 중요하다. 해수면 상에서 일정 고도에서 비행을 하면서 드론에 설치된 편광필터와 초분광 카메라를 통해서 물체 고유의 빛스펙트

를 식별하는 방법을 제시한다. 본 연구는 드론에 적용할 수 있는 기술을 활용하여 해상에서의 부유물 감감 사고 예방을 위한 물체 식별 방안을 제시하고자 하였고 향후에는 해수면 빛 반사, 빛 파장, 부유물 식별용 드론 개발, 해역에서의 실증 등 추가 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 연구는 한국해양교통안전공단의 “드론을 활용한 연안여객선 항로 내 부유물 감감 사고 예방 기술 개발” 과제(2024)의 연구비 지원으로 수행되었음.

References

- [1] Bae, J. K. and Lee, E. B.(2014), “A Study on the Development of a Preventive Index Based on the Statistical Data of Ship Accidents”, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 38, No. 3, pp. 247-252.
- [2] Chong, D. Y.(2022), “A Study on the Improvement Measures for the Safe Maneuvering of Passenger Ships in Port Area through Analysis of Marine Accidents”, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 46, No. 1, pp. 18-25.
- [3] Gwon, Y. H., Kim, D. S. and You, H. J.(2023), “Evaluation for applicability of river depth measurement method depending on vegetation effect using drone-based spatial-temporal hyperspectral image”, *Korea Water Resoure*, Vol. 56, No. 4, pp. 235-243.
- [4] Jang, C. H.(2023), “Efficiency Evaluation of Domestic coastal passenger routes in Korea”, *JGRI*, Vol. 25, No. 4, pp. 195-213.
- [5] Jang, C. H.(2024), “A Study on the Determinants of Demand & Charges for Coastal Passengers”, *Journal of Korea Port Economic Association*, Vol. 40, No. 1, pp. 119-131.
- [6] “KOSTAT(2023), Statistics Korea, Agriculture forestry and fisherise survey Report, <http://www.kostat.go.kr>”
- [7] “KIMST(2020), Revitalization of Marine Fisheries Drone Service, <http://www.kimst.re.kr>”.
- [8] Kim, S. S., Suk, J. W., Lim, E. T., Jung, Y. H. A. and Koo, S.(2023), “Quality Aseessment of Three Dimensional Topographic and Building Modelling using High-performance RTK Drone”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 24, No. 5 pp. 11-19.
- [9] “KMST(2024), Maritime accident statistics, <http://www.kmst.go.kr>”
- [10] Lee, W. J., Choi, J. H., Kim, J. H., Lee, W. K. and Kim, J. S.(2019), “A Study on Current Status of Entanglement Accident and User Satisfaction Survey for Ship with Rope Cutter in Domestic”, *JFMSE*, Vol. 31, No. 6, pp. 1536-1543.
- [11] Lee, S. J., Kim, H. S., Long, Z. J. and Lee, S. K.(2011), “A Study on the Korea Marine Accidents and the Countermeasures”, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 35, No. 3, pp. 205-211.
- [12] Lee, Y. W.(2023), “A study on the implementation plan of deposit system for life cycle management of fishing gear.”, *J Korean Soc Fish Ocean Technol*, Vol. 59, No. 4, pp. 377-386.
- [13] Lee, H. Y. and Park, D. W.(2023), “Application of AI Firefighting Drone and Artificial Intelligence in Case of Fire”, *The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 48, No. 04, pp. 469-477.
- [14] “MOIS(2023), Statistical yearbook, <http://www.mois.go.kr>”
- [15] “MOF(2024), Statistics on the number of passengers transported, <http://www.mof.go.kr>”
- [16] “MEIS(2024), Source and type of marine waste, <http://www.meis.go.kr>”
- [17] “MTIS(2024), Route of a ferry, <http://www.mtis.komsa.or.kr>”
- [18] Oh, W. J.(2022), “A study on the implementation of legal system to prevent the environmental risks caused by ALDFG.”, Pukyong National University, Graduate school of Law, Master’s degree.
- [19] Oh, C. Y., Ahn, K. M., Park, J. S. and Park, S. W. (2017), “Coastal Shallow Water Bathymetry Survey through a Drone and Optical Remote Sensors”, *korean society of coastal and ocean engineers*, Vol. 29, No. 3, pp. 162-168.
- [20] Park, S. A. and Park, D. J.(2023), “A Study on the Analysis of Marine Accidents on Fishing Ships Using Accident Cause Data”, *Journal of Navigation and Port Research*, Vol. 47, No. 1, pp. 1-9.
- [21] Ryu, Y. K. and Park. J. H.(2024), Unmanned multicopter, p. 8.
- [22] Yoo, Y. D., Kim, H. R., Park, J. H., Park, S. H. and Kang, J.(2023), “Analysis of the Sun Glint Effect of CMOS Image Sensor by Polarization Angles”, *KNST*, Vol. 6, pp. 303-307.

Received 19 June 2024

Revised 01 July 2024

Accepted 30 July 2024