

호수 환경의 녹조 확산 방지를 위한 드론 적용 방안에 관한 연구

임진택¹, 이우람², 이상범^{3*}

¹전주비전대학교 전기과, ²경운대학교 무인기공학과, ³대우조선해양 선박해양연구소

A Study on the Application of Drone to Prevent the Spread of Green Tides in Lake Environment

Jin-Taek Lim¹, Woo-Ram Lee², Sang-Beom Lee^{3*}

¹Department of Unmanned and Autonomous Vehicle Engineering, VISION College of Jeonju

²Department of Electricity, KyungWoon University

³Ship and Ocean R&D Institute, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd.

요 약 최근 기후변화로 인한 물 부족 현상이 발생하고 있으며 저수지의 녹조 발생으로 농업용수의 물 관리 필요성이 증대되고 있다. 기존의 녹조 방지는 많은 사람이 현장에 투입돼 운영되고 보트를 통한 이동으로 최적의 살포 시간을 놓치고 있다. 이를 해결하기 위해서는 오염을 사전에 차단하고 시간 내 이동하여 균일하게 복합 미생물을 균일하게 살포하는 기술이 필요하다. 방제 드론은 농약 살포에 활용되고 있으며 방제 드론을 활용하여 녹조 방지 업무에 적용이 가능하다. 본 논문에서는 해양 방제 시스템 구축을 위한 기초연구로 저수지 환경 적용을 위해 수행되었으며, 그 결과물의 하나로 방제 드론에 사용 가능한 핵심기술인 드론 전용 노즐의 특성을 산출하였다. 특히, 기존의 농업용 방제 드론이 제시된 살포 간격 내에서 농도가 불균일하다는 단점이 있음을 파악하였고, 이를 보완하기 위해 노즐 위치선정 및 노즐 살포 균일도를 산출하였다. 실험 결과를 바탕으로 저수지 환경의 녹조 감시 시스템 구축의 핵심 알고리즘을 개발하고 추후 해양 방제 업무 적용에 활용이 가능하도록 정밀 방제 기술을 제안한다.

• 주제어 : 해양오염, 드론 살포, 균일방제, 녹조 방지, 살포 농도

Abstract Recently, water shortages have occurred due to climate change, and the need for water management of agricultural water has increased due to the occurrence of algal blooms in reservoirs. Existing algae prevention is operated by putting many people on site and misses the optimal spraying time due to movement through boats. In order to solve this problem, it is necessary to block contamination in advance and move within time to uniformly spray complex microorganisms uniformly. Control drones are used for pesticide spraying and can be applied to algae prevention work by utilizing control drones. In this paper, basic research for the establishment of a marine control system was conducted for application to the reservoir environment, and as one of the results, the characteristics of a drone nozzle, a core technology that can be used for control drones, were calculated. In particular, it was found that the existing agricultural control drones had a disadvantage that the concentration was non-uniform within the suggested spraying interval, and to compensate for this, nozzle positioning and nozzle spraying uniformity were calculated. Based on the experimental results, we develop a core algorithm for establishing an algal bloom monitoring system in the reservoir environment and propose a precision control technology that can be used for marine control work in the future.

• Key Words : Marine Pollution , Drone spraying, Uniform Control, Green algae prevention, Spray concentration

Received 26 November 2022, Revised 08 February 2023, Accepted 15 February 2023

* Corresponding Author Sang-Beom Lee, Ship and Ocean R&D Institute, Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd., Geoje-daero, Geoje-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea E-mail: lsb7766@gmail.com

I. 서론

최근 4차 산업혁명과 더불어 혁신적인 에너지와 디지털 전환 시대를 맞이하고 있다. 특히 인간의 구분별한 지구의 파괴와 쓰레기 생산은 전 세계적으로 온실가스 감축 정책을 추진하게 된 계기가 되고 있다. 이에 우리나라도 2050년까지 탄소 중립을 선포하고 원자력, 석탄, 경유, 쓰레기 배출, 재활용, 재생에너지 등 다양한 정책을 구성하고 추진계획에 있다. 이러한 환경문제는 여러 복합적인 관계로 인간이 풀어야 할 가장 큰 미래 과제로 대두되고 있다. 환경 오염 중에서도 해양오염은 다양한 쓰레기 유입으로 인하여 생태계가 파괴되고 2006년부터 국제기구의 관심으로 중요성은 증대되고 있다. 또한, 이러한 해양폐기물 쓰레기의 처리에 따른 경제적 손실을 방지하기 위해 다양한 정책과 모니터링 시스템을 운영하여 정책을 시행하고 있으며 지속적인 4차 산업혁명의 핵심 기술인 IT, 통신, 데이터 처리 기술을 접목하여 해양 쓰레기 처리를 위한 체계적인 계획수립 및 운영이 필요하다[1].

대표적인 해양오염이 주원인은 선박의 원유 유출이다. 원유 유출은 일차적으로 피해확산을 방지하기 위해 조류 및 지형의 특성을 파악하여 신속한 유류 확산 방지막 설치가 필요하다. 대부분의 원유 유출은 유류 확산 방지막 설치의 예측 위치가 불확실할 경우 이차적인 피해가 크다. 이러한 대형 재난 사고로 인하여 추가 피해를 막기 위해 오염 확산을 예측하고 사전에 사고를 방지하기 위해 다양한 예방 시스템을 구축하고 있지만 해양 환경 변화에 따른 대응책 및 관련 방제 기술 확보가 어려운 실정이다. 이러한 단점을 보완하고 해양오염 방제의 효율을 높이기 위해서는 의사결정 지원체계 및 IT 기술과 연계된 감시 시스템을 지속적으로 개발하고 도입이 필요하다[2].

최근에 국내에서는 해양경찰청, 해양환경공단의 기관을 중심으로 다양한 해양오염 사고에 대비하여 개선 방안을 마련하고 있다. 해양은 다양한 변수가 존재하여 이를 고려한 4차 산업혁명 기술인 빅데이터 기술을 도입하여 관할 구역 해양오염 사고 시 위험도를 데이터화시키고 축적된 데이터를 기반으로 사전에 위험도를 정량화하여 해양오염 방지를 위한 연구를 수행하고 있다. 또한, 관련 전담 처리 인력의 증원으로 효과를 보여 빅데이터 분석은 장기적인 해양오염 방지를 위한 해결 방안으로 판단되고 있다[3, 4]. 이처럼 빅데이터

분석 및 ICT 기술의 필요성은 증가함에도 불구하고 국가의 안전망 구축을 위해 활용이 미비하여 해양관련 안전사고는 끊임없이 반복되고 있다. 이러한 사고는 관련 조직의 한계성을 내포하고 있어 더욱 새로운 신기술 도입이 필요한 실정이다. 대표적인 신기술은 드론을 활용한 현장 영상을 실시간 상황실로 전송하고 모니터링된 현장 상황을 판단하여 실시간 대응하는 것이다. 이는 안전 및 재난, 환경 오염, 안전관리, 적조 감시 및 불법 낚시 단속, 불법 어업, 선박 사고 구조, 해양 풍력 및 부유식 태양광 발전 설비 점검, 실종자 수색 등 해양 분야에서 다양하게 활용성이 증가하고 있다[5].

드론의 핵심기술은 고성능 카메라를 탑재하여 정사 사진을 취득하고 취득된 정사 사진을 활용하여 다양한 공간정보를 구축하고 있다. 또한, 수중환경에서 수면 호버링 기능을 사용하여 물속에서 사진을 취득함으로써 기존의 스쿠버다이버가 수중촬영 임무 수행으로 발생하는 인명사고의 문제점을 해결한다. 대표적으로 장비의 간소화, 이동의 편리함, 잠수로 인한 다양한 기저 질환 및 사고를 예방하고 임무를 더욱 효과적으로 수행할 수 있도록 관련된 영상취득 및 임무 장비를 개발하고 있다[6]. 이처럼 해양 분야에서 드론 활용의 최대 장점은 임무 시 수행 장소의 이동시간 단축으로 신속하게 대응할 수 있다. 따라서 해양 분야에서는 신속한 대응의 임무 수행이 필요한 분야에 드론 접목이 필수적이다. 대표적으로 모니터링 분야이다. 드론을 활용한 실시간 상황 모니터링은 국내의 공공기관에서 대표적으로 활용하고 있다. 해양 환경은 담수와 해수 환경에 따라 드론의 활용도가 달라진다. 해양오염을 방지하기 위해서 사례별로 다르다. 해수 환경에서는 원유 유출 사고 시 드론으로 방제 펜스를 구축하는 것은 불가능하다. 그러나 실시간 관제를 통하여 오염확산 예측은 가능하다. 담수 환경에서는 녹조 발생 시 드론을 활용하여 신속하게 방제할 수 있다. 담수는 대부분 농업용수로 사용이 가능하고 농업용 용수는 인간의 먹거리와 직결되어 있다. 2022년 2월 8일 서울 환경 운동연합회에서는 낙동강과 금강 인근에서 채배된 농산물에서 남세균 독성이 검출된 사례가 보고되고 있다. 녹조 현상은 지구의 온난화가 가속화되면서 수질 오염이 주원인으로 보고되고 있다. 따라서 촬영용 드론을 활용하여 농업용 저수지에서 발생하는 녹조현상을 예측하고 발생 시 즉시 신속하게 방제용 드론을 투입하여 녹

조를 제거하여 근본적인 문제해결과 안전한 먹거리 확보가 가능할 것으로 생각한다.

방제용 드론을 활용한 살포 기술은 농업 분야를 중심으로 개발되고 있으며 현장에서는 드론의 운용 고도, 노즐 간격, 드론의 속도, 노즐 살포 물량, 노즐 각도 등 살포와 관련된 핵심 기술이 국내의 드론 업체별 노즐 살포 특성이 상이하여 표준 정립이 어렵고 관련 실증 연구들이 지속해서 수행되고 있다. 최근 농업용 방제 드론의 기계별 특성을 고려한 방제 면적 산출 알고리즘이 개발되고 모니터링 시스템과 연계되어 스마트 정밀 농업을 위한 살포 특성 결과를 보이지만, 해양 환경에서 방제 드론을 활용하여 방제를 수행한 기초연구 및 결과 분석은 매우 부족한 실정이다[7, 8].

저수지의 녹조현상은 원인이 불명확하고 녹조 제거 및 제어를 위한 다양한 조치가 이루어지고 있다. 그러나 물리적, 화학적, 생물학적 영향으로 인하여 추가 피해가 발생하고 있어 사전에 녹조를 예측하고 신속한 방제 조치가 우선시 되어야 한다. 하지만 모니터링으로 취득된 영상데이터 분석 연구를 중심으로 수행되어 녹조 제거의 근본적인 방제 대책으로는 부족하다[9, 10]. 이러한 녹조 제거를 위한 선제 조치는 억제 물질을 적절한 시기에 살포하여 효과를 극대화하는 방안이 필요하다. 녹조 생물의 확산을 막기 위한 일차적인 방제와 녹조가 많이 발생한 부분의 집중적인 2차 방제가 필요하다. 최종적인 녹조 방제의 효과 분석에 앞서 녹조 발생 구역에 살포가 가능한 초기 시스템이 필요하다. 시스템 구현을 위해 농업용 방제 드론을 활용하여 일정한 면적에 같은 농도의 복합 미생물 살포로 신속한 분사 임무 수행이 가능하다. 특히, 드론을 통해 오염방제 작업 시 표면에 일정 농도의 약물을 투입해 물속의 화학적, 생물적 반응과 분석은 지속적으로 연구되어야 하고 이를 바탕으로 드론을 활용한 해양 방제 예측 및 운영 매뉴얼 구축이 가능할 것으로 보인다.

본 연구에서는 저수지 환경의 녹조를 사전에 예측한 정보를 바탕으로 농업용 방제 드론을 투입하여 녹조 제거를 위해 살포 작업을 수행하기 위한 기초 연구이다. 녹조 방지 및 오염물 제거를 위해 방제 드론의 특성을 반영하고, 노즐에서 살포되는 살포 특성 분석 및 저수지 환경에서 적용이 가능한 맞춤형 노즐의 특성을 산출하였다. 이는 살포 특성과 일정 농도 산출 및 현장 구현이 중요하다. 이를 바탕으로 실제 살포 특성 곡선을 산출하고, 드론의 단점인 비행시간이 해

결된다면 추후 광범위한 해양환경의 오염 감시 및 방제 종합시스템까지 확대가 가능하다. 본 논문에서는 1차적으로 저수지 환경에서 적용이 가능한 노즐 설계를 위하여 드론의 고도, 노즐 분사각, 노즐 간격에 따른 노즐 속도를 산출하였다. 또한 기존의 방제 노즐은 유효간격 내 농도가 일정하지 않아 노즐을 재배치하여 보완하였다. 노즐 속도는 노즐 설계의 가장 중요한 부분으로 살포 시간으로 조종기의 펌프 유량 조절 값 설정으로 구현하였다.

II. 방제 드론의 노즐

2.1 노즐 유효간격 산출

방제 드론의 노즐 살포 특성을 분석하기 위해서는 방제 드론의 운영환경에 따른 노즐의 특성 분석이 필요하다. 또한 기존의 노즐 배치를 달리하여 유효간격 내 동일한 농도로 살포 가능하도록 해야 한다. 대표적으로 농약 살포와 관련하여 노즐의 특성 및 시뮬레이션 선행 연구가 진행되고 있다[11]. 그러나 국내에서 보급되고 운용되고 있는 방제용 드론은 유효간격 내 균일도를 고려하지 않아 현장 적용이 불가능하다. 이는 균일하게 분포되어야 하는 정밀 방제 드론 운용에 필수 요소를 충족하지 못하고 있어 현장에서는 드론으로 인한 약해 현상이 지속적으로 발생하고 있다. 따라서 드론에 장착된 노즐의 균일도를 구현하기 위한 기초연구 필수적으로 이를 바탕으로 CFD 시뮬레이션을 통한 비산 산출, 드론 전용 약제 비율, 드론 중별 수직풍 영향, 노즐 종류의 영향 등 다양한 연구가 뒷받침되어야 정밀방제가 가능하다. 기존의 방제용 보급 드론의 단점을 보완하기 위해서는 노즐의 위치를 일렬로 배치하고 균일도를 산출하는 것이 우선시 되어야 한다. 이를 산출하기 위해서는 노즐 1개를 기준으로 분석하고 개수를 추가하여 최종 유효살포에 대한 농도의 오차를 최대한 줄일 필요가 있다. 노즐 분석을 위해서는 등가속도 직선 운동을 수행하는 드론과 이동거리 산출이 필요하고 노즐 간격을 고려하여 최종 살포 면적 산출이 필요하다. 등가속도 직선 운동의 t 시간 이후의 속도 $V(t)$ 는 그림 1에서와 같이 표현되고 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다

$$V(t) = V_0 + at \quad (1)$$

여기서 V_0 는 초기 속도이고, a 는 가속도를 나타낸다. t 시간 동안의 가속되면서 이동한 거리 $S(t)$ 그림에서 면적과 같으며, 식 (2)와 같이 표현된다.

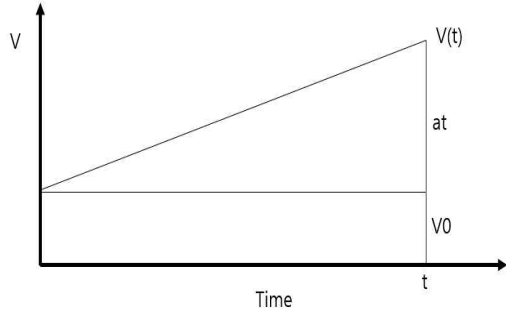


Fig. 1. Velocity of uniformly accelerated motion

$$S(t) = \frac{1}{2} (V_0 + V_0 + at)t = V_0t + \frac{1}{2}at^2 \quad (2)$$

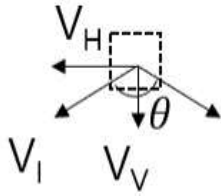


Fig. 2. The Force Acting on The Nozzle of The Drone

Nozzle의 출구에서의 유체 속도를 V_I 라고 하면 출구에서의 속도는 그림 2와 같이 수평 방향의 속도 V_H 와 수직 방향의 속도 V_V 의 합으로 나타낼 수 있고, 식 (3)과 (4)로 표현된다.

$$V_H = V_I \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (3)$$

$$V_V = V_I \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (4)$$

여기서, θ 는 Nozzle의 사잇각을 나타낸다. 유체 입자의 수직 방향 이동 거리 H 는 식 (2)로부터 아래 식 (5)와 같이 표현되며, 바닥에 떨어질 때까지의 시간은 식 (6)과 같이 계산된다.

$$H(t) = \frac{1}{2}gt^2 + V_Vt \quad (5)$$

$$t_G = \frac{-V_V + \sqrt{V_V^2 + 2gH}}{g} \quad (6)$$

여기서, t_G 는 유체 입자가 바닥에 떨어질 때까지의 시간을 g 는 중력 가속도를 각각 나타낸다. t_G 시간 동안 유체입자가 수평방향으로 이동한 거리는 식 (7)과 같이 계산된다.

$$D_H = V_H \times t_G \quad (7)$$

각각의 노즐에서 분출된 입자의 중첩을 최소로 하기 위해서는 입자의 수평 거리는 노즐 사이 거리의 반이 되어야 하며, 이때 노즐에서의 초기 속도는 식(3) ~ 식(7)을 활용하여 식(8)과 같이 계산된다.

$$V_I = \sqrt{\frac{gD_H^2}{2\left(H\sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) - D_H\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right)}} \quad (8)$$

2.2 방제 드론 노즐의 유효거리 산출

기존의 노즐은 대부분 직접살포로 인하여 노즐의 유효높이가 1m 이하로 농업용에서 활용하는 노즐을 사용할 경우 비산의 확률이 높고 해양 방제에 어려움이 있다. 또한, 기존의 방제 드론을 활용하기 위해서는 드론의 제조사에 따라 드론 진행 방향에 중첩되어 살포되고 있다. 따라서 노즐의 재설계가 필요하고 노즐 재배치에 따른 각도와 노즐 속도에 따른 유효살포 간격의 분석이 필요하다. 본 연구에서는 드론 운용 환경 조건을 적용하여 해양 방제에 효과적인 노즐 각도와 노즐 속도를 제안하고자 한다. 첫째, 노즐의 위치를 중첩되지 않도록 일자 형태로 노즐을 제작하였다. 둘째, 기존의 농업용 방제 드론의 운용 조건을 적용하였다. 현재 방제 현장에서 사용되고 있는 노즐 1개에 대한 노즐 조건은 다음 표 1과 같다.

Table 1. Specifications of nozzles used in existing pest control drones

Division	Contents		
Manufacturer	Teejet		
Nozzle type	VP110015		
Spraying speed [m/s]	1		
Nozzle Angle [θ]	120	110	80

드론 고도 3m, 노즐 1개에서 각도별 살포되는 유효 살포 간격을 산출하면 그림 3과 같다.

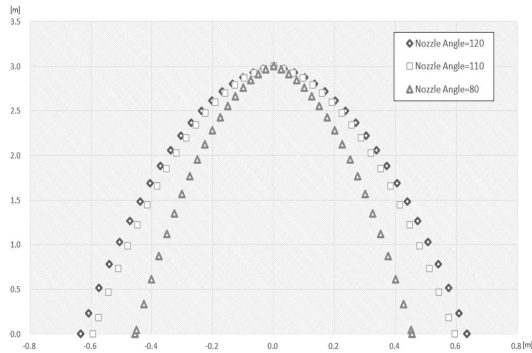


Fig. 3. Spray Spacing by Nozzle Angle

농업용 방제 드론의 측간 최대거리는 기체별 다르고 노즐의 설치 위치도 차이가 있다. 노즐의 위치가 드론 별로 일정하지 않아 살포 임무에 활용할 수 있는 전략적 산출과 관련 연구가 매우 미흡한 실정이다. 대부분의 드론 선정 기준은 GPS 안정화, 기체의 탑재 용량에 중점을 두고 있어 드론을 활용한 정확한 정밀 살포 및 해양 살포 효과에 대한 검증이 불가능하다. 또한, 노즐의 종류도 Y자형, 일자형, 고정형 등 다양하게 존재하여 살포의 불확실성을 더욱 가중시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 작업기 형태의 측간거리별 고정형인 일자 노즐을 사용한 모델을 기반으로 드론 전용 노즐을 제작하고 최종 유효살포 거리를 반영하였다. 유효살포 거리를 산출하기 위해서는 드론 운용 시 유효살포 폭의 Domain 정의가 중요하며 농업용 방제 드론 분야에서는 도메인 Normal Altitude를 제시하고 있다[8]. Normal Altitude는 유효살포 거리이지만 일반적

인 농업용 방제 드론 운용 측면에서는 노즐 사잇각에 따라 Low Altitude 및 High Altitude로 운영되고 있어 유효살포 거리로 볼 수 없다. 기존의 10L, 16L 기체 제원을 기반으로 3m 높이에서 살포 시 유효살포 거리를 산출하면 표 2와 같다.

Table 2. Effective spraying interval according to the type of drone aircraft.

Type of Aircraft	UAV1			UAV2		
Liquid Weight [L]	10			16		
Maximum distance between Motor [mm]	1407			1628		
Number of Nozzles [EA]	5			5		
Gap between Nozzles [mm]	351			407		
Initial Velocity [m/s]	0.389725			0.389725		
Nozzle Angle [θ]	120	110	80	120	110	80
Effective Spraying Interval [mm]	1919	1889	1781	2143	2113	1884

III. 녹조 방제 적용

기존의 농업용 드론의 살포 특성에 따라 해양 방제는 신속하게 일정한 농도의 방제 물량을 살포해야 한다. 노즐의 각도에 따라 일정한 노즐의 농도를 투입하기 위해서는 노즐 사잇각 선정 시 최소 노즐 속도를 산출하여 노즐을 설계해야 한다. 노즐 속도는 펌프의 압력, 관의 굵기에 따라 노즐의 초기 속도가 달라진다. 따라서 본 논문에서는 드론을 활용하여 해양 환경의 정밀 방제를 위한 노즐 각도별 최소 속도 산출이 필요하다. 또한, 노즐에서 살포되는 농도를 구하면 다음과 같다. 대표사례로 UAV1 기체, 노즐 사잇각 110° 조건에 관한 결과를 보이면 그림 4와 같다.

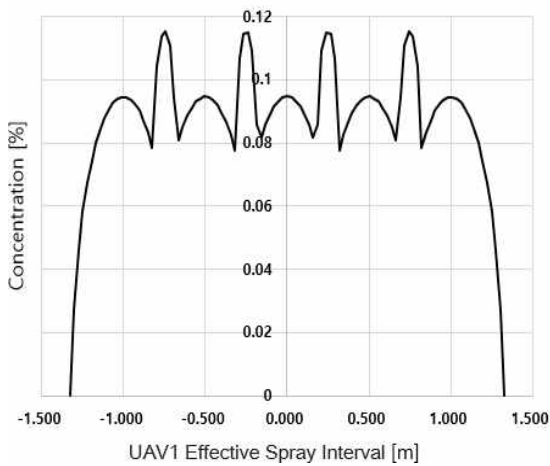


Fig. 4. Concentration of the Effective Interval of the 110 Degree UAV Nozzle

농업용 방제 드론의 방제 면적 산출과 관련된 선행 연구에서 제시된 드론 비행 상태에 따라 분사 시간 및 유효살포에 대한 Domain을 정의하였으며, 농업용 방제 드론은 하향 풍으로 인한 농작물의 피해를 방지하기 위하여 적정 고도가 3m로 고정되어있다[8]. 하지만 방제 환경과 약제의 종류가 다른 해양 방제 환경은 고도에 영향을 받지 않으며 노즐의 사잇각 종류에 따라 Normal Altitude를 만족하는 고도 산출이 필요하다. 산출 결과를 보이면 표 3과 같다.

Table 3. Calculate the Height of the Nozzle by Angle of the Drone

Type of Aircraft	UAV1			UAV2		
Nozzle Angle [θ]	120	110	80	120	110	80
Height [m]	1.428	1.605	2.617	1.901	2.136	3.479

현장 매뉴얼 구축 시 노즐별 고도의 차이가 발생하면 방제사의 업무 운영에 혼란을 가중시켜 일반 농업용 방제 드론의 운용 높이를 적용하는 것이 효율적이다. 3m를 기준으로 UAV1 기체와 UAV2 기체에의 노즐 초기 속도 산출 결과는 표 4와 같다.

Table 4. Calculate the Initial Velocity of the Nozzle by Angle of the Drone

Type of Aircraft	UAV1			UAV2		
Nozzle Angle [θ]	120	110	80	120	110	80
Minimum Initial Velocity [m/s]	1.428	1.605	2.617	1.901	2.136	3.479

IV. 결론

본 논문에서는 농업 분야에 활용되고 있는 방제 드론을 활용하여 녹조 방지 및 제거 분야에서 활용을 위해서는 방제 드론의 살포 유효간격 내 일정한 농도의 살포가 필요하고 해양오염의 다양한 부분에 드론을 활용하기 위해서는 다양한 노력이 요구되고 있다. 저수지 환경의 녹조 방제는 농업 분야의 방제와 다르게 신속하면서도 일정한 농도의 약제를 신속하게 수면에 살포해야 한다. 이를 기반으로 녹조 방지 및 해양오염 원인을 해결하고 오염의 확산을 방지할 수 있다. 따라서 정밀한 살포 기술을 위해서는 드론의 종별, 노즐의 종별, 드론에 장착된 노즐 간의 간격, 펌프의 압력, 드론의 운용 고도, 드론의 방제 속도 등 다양한 변수를 동시에 고려해야 하고 해수면의 동일한 살포 농도를 투입하기 위해 방제 드론에 설치된 노즐의 초기 분출 속도에 대한 데이터 확보가 매우 중요하다.

기존의 방제 드론이 일반적으로 사용하고 있는 Teejet사의 노즐의 살포 특성을 파악하였다. 노즐의 종류는 120°, 110°, 80° 3가지를 비교 실험을 시행하였다. 실험을 통하여 노즐의 사잇각 변화에 따라 농도의 차이를 확인하였다. 각이 커질수록 고도가 낮아져 드론의 운용 고도인 3m를 기준으로 노즐의 각도별 노즐 초기 속도를 산출하여 드론방제 시 필요한 기초 설계 수치에 대하여 정략적으로 파악할 수 있었다.

본 연구에서 방제 드론의 노즐 특성 분석을 통한 맞춤형 해양 방제가 가능하도록 하였다. 이를 통해 최적의 임무 수행이 가능할 것으로 생각한다. 추후 비산 현상 예측을 위해 유체해석 시뮬레이션의 기초 자료에 활용하여 드론 전용 노즐의 표준을 정립하고 광범위한 해양환경에 따라 정밀 살포 활용을 통하여 다양한 해양오염 사례에 대한 드론 방제 시 실제 효과 분석 및 관련 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

[1] R. T. Jung, "World Interest and Activities on Marine Litter," The Korean Society for Marine Environment & Energy, vol.12, no.3, pp. 173-180, 2009.

[2] J. Y. Chun, C. K. Kim and C. W. Ha, "A Study on the Improvement of National Marine Pollution Response Policy according to Change of Marine Pollution Incident Trend," The Korean Society for Marine Environment & Energy, vol.22, no.1, pp. 57-65, 2019.

[3] T. H. Lee and B. K. Jung, "A Study on Marine Pollution Accident Risk Evaluation of Each Sea Area and Improvement Plans -Focusing on the Jurisdictions of by the Maritime Pollution Response Bureau of Korea Coast Guard-," Journal of Fisheries and Marine Sciences Education, vol.33, no.1, pp. 81-87, 2021.

[4] T. H. Lee and B. K. Jung, "The Effect of the Increase in the Marine Pollution Control Staff on Improvement in Marine Pollutant Outflow-Focusing on the Maritime Pollution Response Bureau of Korea Coast Guard-," Korean Society of Mechanical Technology, vol.22, no.6, pp. 1191-1195, 2022.

[5] S. H. Kim, H. J. Kim, H. K. Kim and S. H. Cho, "A Study on how to use drones According to Domestic Coastal Safety System limitations Korean," Journal of Convergence for Information Technology, vol.11, no.1, pp. 118-127, 2021.

[6] H. G. Kim and Y. H. Kim, "Design of Water Surface Hovering Drone for Underwater Stereo Photography," Journal of Convergence for Information Technology, vol.9, no.6, pp. 7-12, 2019.

[7] J. T. Lim, "A Study on the Characteristic Analysis of the Pest Control Drones Using Smart Operating Mode," Journal of Convergence for Information Technology, vol.9, no.10, pp. 108-113, 2019.

[8] J. T. Lim, "Development of Spray Calculation Algorithm Using the Pest Control Drones. Journal of Convergence for Information Technology," vol.10, no.10, pp. 135-142, 2021.

[9] J. W. Choi, S. W. Kim, C. G. Kim, C. G. Lee and Y. H. Joo, "Development and Implementation of Mobile APP for Marine Pollution Responder," Journal of Korean Society of Marine Environment & Safety, vol.19, n

o.4, pp. 2287-3341, 2013.

[10] S. Park, C. W. Kim and S. R. Lee, "Marine Environment Monitoring and Analysis System Model," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol.16, no.10, pp. 2113-2120, 2012.

[11] K. J. Kang, S. Myong, Chang, I. Ho, Ra, S. W. Kim and H. T. Ki, "Nozzle Flow Characteristics and Simulation of Pesticide Spraying Dron," Smart Media Journal, vol.8, no.4, pp. 38-45, 2019.

저자소개

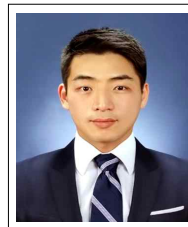
임진택 (Jin-Taek Lim)



2011년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학사)
2013년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학석사)
2016년 2월 : 경상대학교
전기공학과(공학박사)
2019년 2월~현재 : 전주비전대학교
조교수

관심분야 : 시스템, 농업용드론, 온라인 정보시스템

이우람 (Woo-Ram Lee)



2009년 2월 : 서울과학기술대학교
기계공학과(공학사)
2011년 2월 : 서울과학기술대학교
기계공학과(공학석사)
2014년 8월 : 서울과학기술대학교
기계공학과(공학박사)
2021년 3월~현재 : 경운대학교
조교수

관심분야 : 금속재료, 레이저 용접, 농업용 드론, UAM

이상범 (Sang-Beom Lee)



2003년 2월 : 부산대학교
조선해양공학과(공학사)
2007년 2월 : 부산대학교
조선해양학과(공학석사)
2013년 2월 : 부산대학교
조선해양학과(공학석사)
2018년 4월~현재 : 대우조선해양
선박해양연구소 책임연구원

관심분야 : 선박운동, 슬로싱, 유체 충격하중