

양식어류의 자동먹이공급장치 개발 연구 - I

양용수* · 배재현 · 배봉성¹ · 안희춘 · 김인옥 · 이배익² · 정용길³

국립수산과학원 수산공학팀, ¹국립수산과학원 동해수산연구소 자원조성관리팀

²국립수산과학원 동해수산연구소 어류연구센터, ³경상대학교 기계항공공학부

A study on the development of auto-feeding system for the cultured fish-I

Yong-su, YANG*, Jae-hyun BAE, Bong-sung BAE¹, Heui-chun AHN,

In-ok KIM, Bae-ik LEE² and Yong-gil JUNG³

Fisheries Engineering Team, National fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

¹*Fisheries resources management and Enhancement Team, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Gangwon 210-861, Korea*

²*Finfish research center, East Sea Fisheries Research Institute, NFRDI, Uljin 210-861, Korea*

³*Division of Mechanical & Aero Space Engineering, Gyeongsang National University, Gyeongnam 650-160, Korea*

This paper introduces an auto-feeding system to exactly control the feeding time and the amount to cultured fishes in aquaculture industrial field. To reduce expensive costs or labors in this field, it was designed by the concept of controlling feed quantity exactly on the basis of fish's feeding behavior pattern in water tank. A feed control method of this system was developed for controlling feed amount by rotor capacity and motor rotated number. Moreover, a scattering section was selected by rotate way of propeller wing to scatter dried feed to designated site, and then, the diameter of its wing was 250mm and maximum scattering distance was 7.6m for 600rpm. Furthermore, the scattering ways were embodied 2 types such as a simplified way and a multistage shift way looks like a manual scattering. As a results, the multistage shift way is more effective to discharge the dried feed widely than the simple way in the water tank.

Keywords : Auto-feeding system, Rotor, Feeding behavior, Scattering amount, Scattering distance

서 론
국내 양식업은 1960년대 후반부터 천해 양식

업에 대한 본격적인 투자를 시작하여 오늘날에 이르고 있으나, 일본이나 노르웨이 등 양식 선진

*Corresponding author: ysyang@nfrdi.re.kr Tel:82-51-720-2590 Fax:82-51-720-2586

국에 비해 자동화에 대한 인식부족으로 첨단 양식기자재의 개발이 미흡하여 노동집약적 형태를 벗어나지 못하고 있고, 중국산 어류의 대량 유입으로 국내 양식업은 커다란 위기에 직면하고 있다. 이러한 국내 양식산업의 활성화를 위해서 양식사료의 개발, 새로운 양식품종 개발, 양식장 자동화 시스템 개발 등 다양한 방안을 강구하고 있다(Kim et al., 1991; Kim et al., 1992; Lee, 1995).

그러나 양식사료의 개발은 대상 어종별, 어체 크기별, 종류의 다양성과 사료의 비싼 가격으로 경제성을 맞추기 어려워 생사료를 공급하는 어업인이 많은 실정이며, 새로운 양식품종의 개발도 쉬운, 경제성 있는 어종의 대량종묘기술 확보 등 많은 어려움을 가지고 있다(Shon, 2005).

또한, 우리나라의 양식어업은 육상수조식과 해상가두리식 양식어업 모두 기술집약형 산업이 아닌 ha당 5-8명이 종사하는 산업으로서 양식원가 중 인건비가 차지하는 비율이 5.9-6.3%에 달하는 노동집약형 산업이다(Plaia, 1987). 이러한 양식산업의 경쟁력 확보를 위해서는 양식산업의 선진국에서 개발된 자동화 기술의 신속한 도입 및 자체 기술개발을 통한 인건비의 절감이 가장 시급하다.

따라서, 본 연구에서는 육상수조식 양식장에서 대상 어류별 급이 시간과 양을 정확하게 조절할 수 있는 자동먹이공급장치를 개발하여 양식어업에서 큰 비중을 차지하고 있는 인건비를 절감하기 위한 목적이다. 우선, 대상어류의 섭이행동 패턴을 조사하고, 그 결과를 토대로 먹이공급장치 개념 설계, 정량조절장치 설계, 살포장치 설계, 시작품 제작 및 현장적용 실험을 실시한 결과를 분석하였다.

장치 및 방법

섭이행동에 따른 시스템 설계 및 제작

우리나라 육상 수조식 양식어업은 패류와 어류로 크게 구분할 수 있으며, 어류 중에서는 넓

치가 주요 대상어종이고, 참돔이나 전어 등 다양한 어종이 양식되고 있다. 저착성 양식어종 가운데, 넙치와 가자미는 사료를 투하했을 때의 섭이 행동특성이 크게 다른 것을 알 수 있다. 넙치는 사료를 투하하면 수조내의 전 개체가 동시에 해수면쪽으로 몰려들어 먹이를 먹는 행동특성을 나타내었고, 가자미는 개체별로 순차적으로 해수면에 뿌려진 사료를 섭이하는 것으로 나타났다. 따라서, 넙치의 섭이행동에 따른 적절한 먹이공급장치는 사람이 흩뿌리는 것과 같은 효과를 가지는 살포식 먹이공급장치가 적절하며, 가자미와 같이 순차적으로 사료를 섭이하는 어종에 대해서는 낙하식 먹이공급장치가 적절한 것으로 판단된다.

본 연구에서는 어종에 따라 선택적으로 적용이 가능한 투하식 및 살포식 2종으로 구분하여 Fig. 1-4과 같이 제작하였다. 제어시스템은 살포식 먹이공급장치의 경우, Ladder 프로그래밍이 가능한 PLC(Programmable Logic Circuit)를 이용하였고, 투하식 먹이공급장치는 상용화된 멀티타이머를 이용하여 투여시간에 의해서만 제

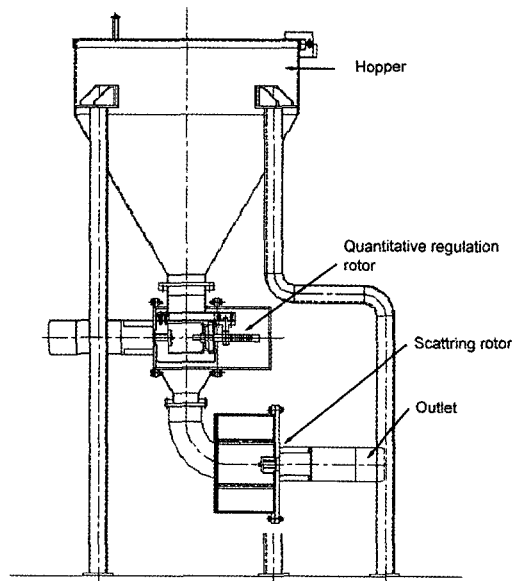


Fig. 1. Drawing of scattering type feeding system on the study.

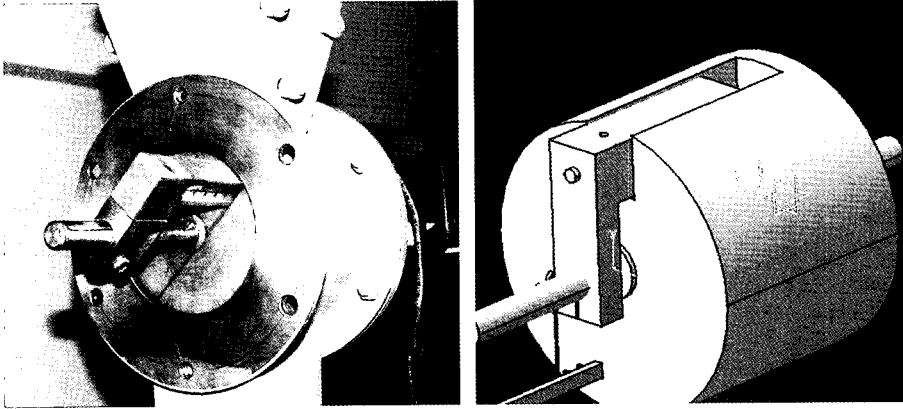


Fig 2. Device of quantitative regulation rotor.

어할 수 있는 시간제어방식으로 제작하여 실험하였다.

이때, 수조에 투여되는 양을 조절하는 방식은 Fig. 2와 같이 중앙에 사각 홈이 파여 있는 로터의 홈 용적에 의해 1회 사료의 양이 결정되며, 제어봉의 길이에 의해 그 양이 조절되도록 하였다. 로터는 모터에 의해 회전할 수 있도록 하였고, 로터에서 형성되는 사각 홈의 최대 부피($W \times H \times L$)는 $2 \times 2 \times 9 \text{cm}^3$ 가 되도록 하였다. 로터에 의해 회전당 사료의 양이 정량 제어된 사료는 단순 투하식인 경우 수조로 바로 투하되며, 살포식의

경우 Fig. 3과 같은 모터를 가동하여 회전되는 로터 회전력에 의해 양식수조 방향으로 살포되도록 제작하였다. 또한, 하루 급이량 및 1회 급이량은 어체의 성숙도와 수온 등 환경요인에 따라

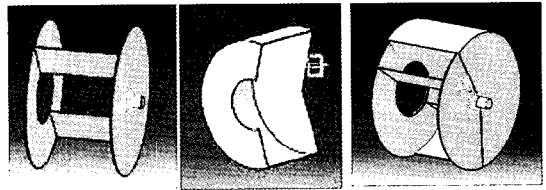
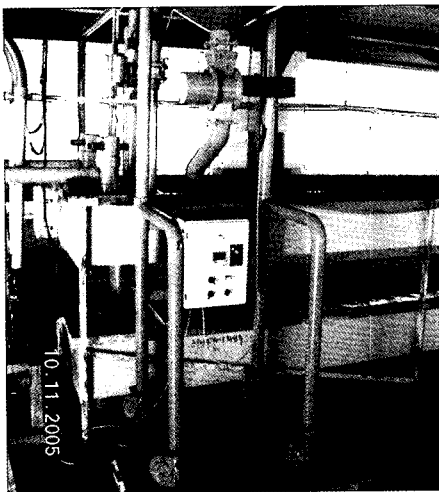


Fig. 3. Device of scattering rotor.



Drop type



Scattering type

Fig. 4. View of auto - feeding system trial model.

달라지므로, 타이머에 의해 조절이 될 수 있도록 구성되었고, 각부는 호퍼, 정량조절장치 구동 모터, 정량조절장치, 사료 유도관, 살포장치 구동 모터, 살포장치로 구성되어 있다.

사료 토출량 산정

떡이공급장치에서 가장 중요한 요소는 정해진 시간에 정해진 양만큼의 사료를 투입할 수 있는냐하는 점이다. 본 연구에서 개발한 시스템에서는 적정량의 사료를 조절하는 방법으로 로터에 일정한 용적의 홈을 파서 그 안에 1회에 채워지는 사료의 양을 정량적으로 공급하는 용적식과 일정 용적을 모터의 가변성을 이용하여 rpm을 조절하는 가변식을 동시에 채택하여 실험하였다. 그 결과, 정량조절장치의 로터 사각홈 변화에 따른 사료의 배출 중량의 변화는 로터홈의 길이가 길어질수록 사료의 양이 정비례하여 많아진다.

결론적으로, 1분간 토출되는 사료의 양은 홈의 용적, 회전수, 사료의 공극률과 비중의 값으로써 산정할 수 있다. 홈의 가로를 W, 세로를 H, 길이를 L라고 하면, 분당 토출되는 사료의 양의 용적(V_r)은

$$V_r = W \times H \times L (\text{cm}^3) \quad (1)$$

이며, 회전수를 k(rpm)라고 하면, 분당 이론 토출 용적(V_{rm})은

$$V_{rm} = k \times V_r (\text{cm}^3) \quad (2)$$

이다. 또한, 사료의 공극률을 n, 사료의 비중을 s라고 하면, 분당 토출 중량(G_{rm})은

$$G_{rm} = n \times s \times V_{rm} (\text{kg/min}) \quad (3)$$

으로 계산된다.

예를 들어, 홈의 길이를 5cm, 회전수를 30rpm, EP6호(직경 약 5mm)의 공극률을 31%, 사료의 비중을 95%로 가정하면, 분당 사료 토출중량은 위 식으로부터 0.18kg/min가 된다.

일정한 홈의 용적에 분당 토출중량은 사료에 의한 공극률과 정량조절장치의 회전수에 따라서 변화하므로, 사료의 토출중량을 파악하기 위해 직경이 다른 5종의 사료에 대한 공극률과 관련된 용적율의 규명이 필요하며, 정량조절장치의 회전수에 따른 토출중량을 검토할 필요가 있다.

또한, 살포식 시스템은 로터에 부착된 날개의 회전력에 의해 살포하는 방식으로서, 단순히 일정속도로 사료를 살포하는 단순살포방식과 사람이 사료를 던져주는 것과 같은 효과를 구현하기 위한 다단변속살포방식을 적용할 수 있으므로, 각 시스템에 대한 회전수에 따른 비산거리를 측정하여 살포능력을 평가하였다. 또한, 다단변속살포방식의 성능을 평가하기 위해 입력 설정 주파수에 대한 모터의 응답반응을 측정하고 계획된 살포형태가 구현되는지를 확인하였다.

결과 및 고찰

로터에 1회 투입되는 사료의 양은 사료의 직경에 따라 로터에 사료가 채워지면, 사료 알갱이 간에 빈 공간이 생기게 되는데, 그 공간이 생기는 비율을 조사하여 모터의 회전당 사료 투입량을 확인한 결과는 Fig. 5와 같다. 그림과 같이 사료의 평균직경이 커질수록 투입량에 대한 용적율은 지수함수로 감소하고 있다는 것을 알 수 있다.

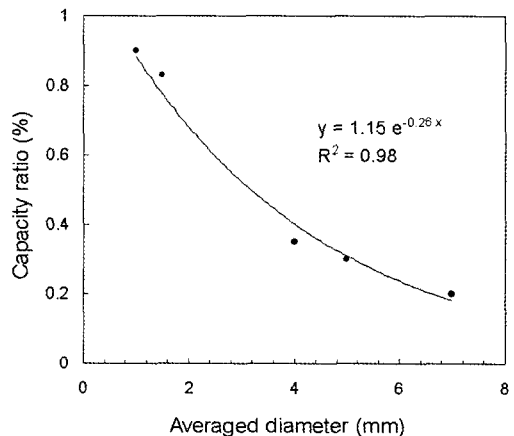


Fig. 5. Relationship between averaged diameter and capacity ratio of dried feed.

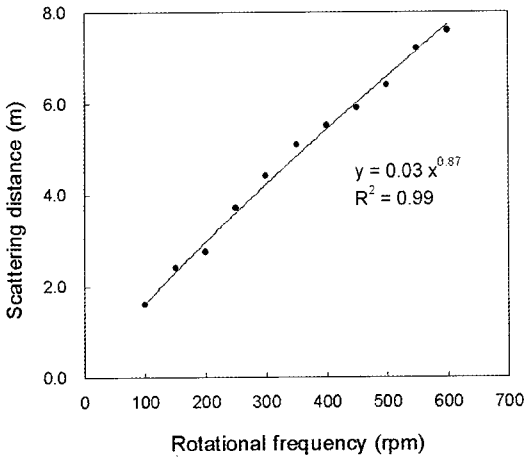


Fig. 6. Relationship between rpm and scattering distance.

또한, 먹이공급장치의 살포거리는 하나의 수조에 먹이공급장치의 수량을 결정하는 요인이 된다. 따라서, 사료의 살포거리를 측정하기 위하여 넓치 양식에 주로 사용되고 있는 6호 사료를 적용하여, 모터의 최대 회전수가 600rpm인 모터의 회전수 변화에 따른 비산거리를 측정하였는데, 그 결과는 Fig. 6과 같다.

실험에서 제작한 살포식 먹이공급장치는 모터에 부착된 날개의 회전에 의해 사료를 목적으로 하는 곳에 사료를 살포하는 방식이며, 살포장치 날개의 지름은 250mm로 제작하여 사료살포 날개의 회전수 변화에 따른 사료의 비산거리를 확인하였다. 그 결과, 살포장치의 회전수가 커지면 커질수록 사료의 비산거리가 알갱이가 적으면 적을수록 더 멀리 비산되는 것으로 나타났으며, 최대 회전수인 600rpm의 회전수일 경우 비산거리가 7.6m였다. 이때, 살포장치 프로펠러의 회전수에 따른 사료의 비산거리는 100rpm인 경우 1.6m, 600rpm인 경우 7.6m로 각각 나타났으므로, 통상의 수조 직경이 5m인 점을 감안하면 한 대의 먹이공급장치로 충분히 한 개의 수조를 담당할 수 있을 것으로 판단된다.

또한, 먹이공급장치는 누구나 쉽게 작동이 가능하도록 제작하여야 하므로, 정량 살포형 먹이공급장치는 사용시간 및 살포형태를 LCD 화면

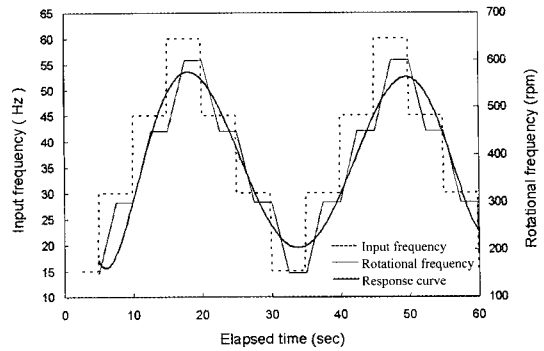


Fig. 7. Relationship between input frequency and rpm of scattering motor over elapsed time.

을 이용하여 설정이 가능하다. 또한, 단순히 일정한 속도로 사료를 살포하는 단순살포방식과 사람이 먹이를 던져주는 것과 같은 효과를 구현하기 위한 다단변속살포방식의 2가지 방식을 구현하였는데, 다단변속살포방식은 Fig. 7과 같이 sine형 속도제어가 가능하다.

그림과 같이 다단변속살포방식은 모터 동작 설정 주파수를 4단계로 나누어 각 단계별 동작시간은 5초 간격으로 15Hz씩 가감하여 모터를 구동함으로써, 실선으로 표시된 sine 함수와 같이 작동됨으로써 사람이 사료를 살포하는 것과 같이 자연스럽게 구현되었다. 여기서, 단순살포방식을 이용하여 사료를 살포할 경우에는 수조의 일정지점에 사료가 집중되는 경향이 있었으나, 다단변속살포방식을 채택할 경우, 여러 지점에 고르게 살포되어 사람이 거리를 조절하며 살포하는 것과 같이 자연스러운 구현이 가능하였다.

결론적으로, 본 논문에서 설계, 제작된 자동먹이공급장치 시스템은 최근 우리나라 양식산업에 큰 난제인 생력화를 해결하고, 효과적인 먹이공급을 위한 것이 주된 목적이다. 또한, 선진화된 양식산업의 육성을 위해 양식 대상 어종의 특성에 맞는 자동화 기술을 적용하고, 종합적으로 제어할 수 있는 시스템을 구축하여 최근 어려움을 겪고 있는 양식산업에 이바지할 것으로 기대된다.

결 론

육상수조식 양식장에서 대상 어종별 급이 시간과 양을 정확하게 조절할 수 있는 자동먹이 공급장치의 개발을 위하여, 어종별 섭이 행동 패턴 조사를 실시한 결과를 바탕으로 먹이공급장치의 정량조절장치 및 살포장치를 설계, 제작 하여 현장실험을 실시하였다. 먹이공급장치의 사료 조절방법은 로터 용적과 모터 회전수에 의해 사료 토출양이 조절되도록 제작하였다. 또한, 먹이 공급장치의 살포장치는 프로펠러 날개의 회전에 의한 방식을 채택하여 사료를 원하는 장소에 뿌려주는 효과를 적용하였는데, 살포장치 날개의 지름은 250mm, 600rpm의 회전수일 경우, 최대 비산거리가 7.8m였다. 또한, 먹이공급장치의 살포방식을 단순살포방식과 다단변속살포방식의 2가지 방식을 비교한 결과, 다단변속 살포방식이 실험수조 내에 효과적으로 살포되었다.

감사의 글

본 논문을 보다 완성도 있도록 사려 깊게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님께 감사드리며, 이 연구는 국립수산과학원(먹이공급장치 실용화연구, RP-2006-FE-006)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- Kim, S.B. and Lee, C.H. 1991. Development of real time control package for digital control. *Proceedings of Annual Conference Korean Society of Automatic Control*, 128 - 134.
- Kim, S.B. and Kim, H.S. 1992. Application of one - chip micro - computer in mechanical system. *Journal of the Korean Society of Marine Engineers*, 16(1), 8 - 17.
- Lee, H.S. 1995. The development of an aquaculture automatic system. Master thesis, National Fisheries Univ. of Pusan, Korea, pp. 76.
- Shon, M.H., 2005. Research on aquaculture standardization. 2005 Final Evaluation on Fisheries Research Project, National Fisheries Research & Development Institute, 5 - 48.
- Plaia, W.C., 1987. A computerized environmental monitoring and control system for use in aquaculture. *Aquaculture Engineering*, 27 - 37.

2006년 10월 17일 접수

2006년 11월 10일 수리