

해양기초생산력 증대를 위한 부유식 인공용승시스템 소개

°정동호·이승원·문덕수

한국해양연구원 해양심층수연구센터

서론

해양심층수란 수심 200m보다 깊은 곳에 위치하는 해수로서, 청정성, 저온성, 부영양성, 미네랄성, 안정성 등의 특성을 가지는 해수자원이다 (김현주 외, 2002). 우리나라 동해안에는 무한한 양의 해양심층수 자원이 부존하고 있는데, 그 특성별 활용용도는 수산 증양식(저온성, 청정성), 각종 식품 적용(청정성, 미네랄성), 먹는해양심층수(청정성, 미네랄성), 플랑크톤 배양 및 기초생산력 증대/해조장 조성(부영양성, 청정성), 유용물질 추출(고미네랄성), 그리고 온도차 발전/냉난방 적용(저온성) 등과 같이 다양하다. 현재 우리나라에는 3개의 전문 개발업체가 취수를 통한 다양한 산업분야 적용을 하고 있으며, 한국해양연구원에서는 연구용 목적으로 약 1900톤/일의 해양심층수를 취수하면서 해수담수화, 수산 증양식, 농작물 제어, 배출수 해역 관리, 그리고 에너지 분야 등에 관한 연구를 수행해 오고 있다.

해양심층수 개발은 크게 육상형과 해상형으로 나눌 수 있다. 현재 우리나라에서 진행되고 있는 개발 방식은 모두 육상형으로 국한되고 있다. 해상형 개발방식은 대량의 해양심층수를 육상까지 연속적으로 운반할 수 없다는 단점이 있지만, 인근해역에 살포 및 확산시킬 수 있다면 고영양염으로 인한 기초생산력 증대에 기여할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 대량의 해양심층수를 인공용승시킨 후 표층 수심 부근에 살포 및 확산시키는 시스템 개발을 위한 기초요소들에 관하여 조사한다. 시스템의 전체 구성과 개발을 위한 핵심요소 기술 범위에 대하여 알아보도록 한다.

시스템 개발의 필요성 및 적용 가능 해역

1) 필요성

표 1 해양심층수 인공용승 시스템 개발 필요성

기술적 측면	경제·산업적 측면	사회·문화적 측면
<ul style="list-style-type: none"> - 외해 해양심층수 활용 기술 확립 - 해양에너지 활용기술 적용 및 기술 증대 - 인공용승 및 밀도류 생성 기술 확립 - 해류 효과를 고려한 확산 해석기법 연구 - 심층수 용승에 의한 CO₂ 방출과 광합성에 의한 흡수 효과 규명 기술 개발 - 기초생산력 변화 및 최적화 매개변수 도출 	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂ 저감에 의한 탄소배출권 확보 - 바이오 에탄올 생산을 위한 해양 농장 지원용 시스템으로 활용 	<ul style="list-style-type: none"> - 고영양염 공급을 통한 해역 기초생산력 증대 - 외해 해양심층수 활용을 통한 국가자원 개발 - 주변 해역 기초생산성 증대를 통한 어장 환경 개선 - 기초생산력 증대에 의한 이산화탄소 고정 효과

서론에서 언급한 바와 같이 현재 우리나라에서는 육상형 개발시스템을 개발하여 근해에 부존하는 해양심층수 자원을 개발해 오고 있다. 그러나, 해양심층수 자원을 국가적 해수자원이라는 관점에서 볼 때, 외해에 무한하게 부존하는 해양심층수 자원도 국가의 중요한 자원이므로 이에 관한 개발이 이루어져야 한다. 외해 해양심층수자원 활용을 위한 시스템 개발의 필요성은 표 1과 같이 몇 가지로 정리될 수 있다.

2) 적용가능 해역

동해의 일부 해역은 자연용승에 의해서 영양염이 풍부한 것으로 알려져 있다. 그러나, 자연용승이 발생하는 해역은 매우 국한되어 있으며 계절적으로도 짧은 기간동안 발생하는 것으로 알려져 있다. 한국해양연구원 관측 자료에 의하면 동해 전역에서 표층 부근에서 영양염이 고갈되어 있는 것으로 나타났으며, 특히 외해역은 영양염 고갈현상이 심화되고 있는 것으로 조사되었다 (그림. 1). 김동선 등은 (2007) 동해 울릉분지에서 봄과 여름 동안 난수성 시계방향 와류가 영양염과 엽록소에 미치는 영향을 파악하기 위하여 현장 조사를 수행하였다. 그들의 결과에 의하면 와류 내부해역에서 수직혼합이 활발히 일어나 표층해수에 영양염이 풍부한 반면, 외부해역에서는 표층에서 성층화가 생겨 심층에서 표층에서 영양염 공급이 충분하지 않아 농도가 낮게 나타났다. 특히, 여름에는 모든 정점에서 표층 성층화로 인하여 표층에서 영양염이 고갈되고 있으며, 특히 질산염 부족으로 식물플랑크톤 성장이 제한되는 것으로 조사되었다. 정창수 등은(1989) 동해의 기초생산력과 질소계영양염의 동적관계를 규명하였는데, 동해에서 질산염의 수직확산에 의한 수온약층 하부로부터 공급되는 영양염은 식물플랑크톤의 일일 질소요구량 중 약 7%를 공급하고 있음을 규명하였다.

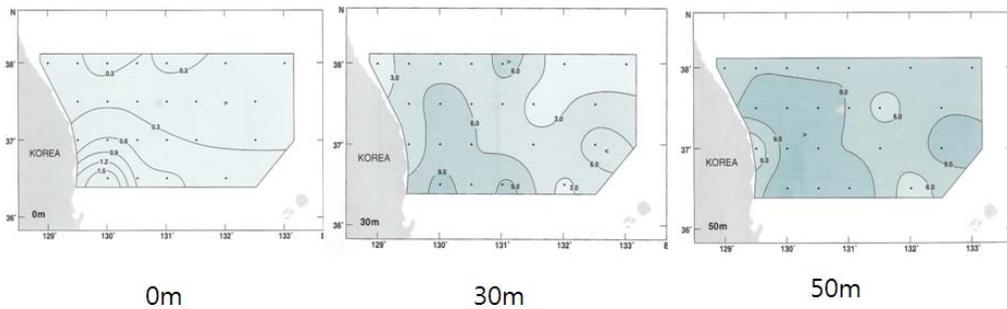


그림. 1 동해역 수심에 따른 질산염 분포: 1996. 7월 (한국해양연구원, 2001)

참고문헌의 결과에 의하면 동해역 외해 표층은 거의 모든 해역에서 영양염이 고갈되어 식물플랑크톤이 성장 저해 요소가 된다는 것을 알 수 있다. 특히 동해 남부 해역이 영양염 고갈이 심화되는 것으로 조사되었기에 동해남부 해역 수심 200m 이상 되는 지점에 설치하는 것이 가장 적합할 것으로 사료된다.

국내외 연구 동향

1) 국외 연구 동향

일본에서는 해양심층수 취수, 살포 및 확산을 통한 기초생산력 증대 시스템 개발을 수

행하였으며, 실험실 실증까지 수행하였다. 1987년에 해역비옥화 플랜트 ‘호우요(Houyo)’를 개발하여 실증실험을 위하여 실험해역에 설치하였으나, 태풍에 의해 라이저파이프가 파손되는 사고로 인하여 철수되었다. 취수되는 해양심층수는 표층에 살포하였으나 해양심층수의 고비중으로 바로 해지면 아래로 가라앉아 큰 효과를 얻지는 못했다. 2005년에는 인공용승시스템인 타쿠미(Takumi)를 개발하여 동경만에 설치하였다. 타쿠미는 심층수 10만톤/일과 표층수 20만톤/일을 취수하여 표층에 확산시켰다. 실험은 2007년까지 수행되어졌으나 고영양염 확산에 의한 플랑크톤 증식, 해역비옥화 그리고 이산화탄소 고정 등에 관한 구체적인 실증을 밝히지는 못하였다. 이후에 최근에는 해조류를 이용한 바이오메탄 개발을 휘나 대규모 프로젝트를 계획 중에 있으며, 외해 해수자원 개발에 많은 투자를 하고 있다.

미국에서는 인공용승 실험을 수행하기 위하여 소형부이시스템을 개발하여 실증실험을 수행하였다. 인공용승에 의해서 일부 효과를 검증하였으나, 실험 중에 라이저파이프가 파손되어 실험이 중단되었다.

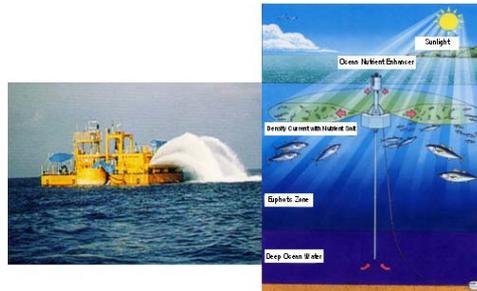


그림. 2 일본에서 실증실험을 수행한 효요(왼쪽)와 타쿠미(오른쪽)

2) 국내 연구 동향

국내에서는 외해 해양심층수 취수를 위한 소구경 라이저파이프 시스템 개발에 관한 연구가 시행된 바 있다 (정동호 외, 2007). 개발된 시스템은 소규모 해양심층수를 간단하고 경제적으로 취수할 수 있는 것으로 취수후 운반하여 활용하는 개념이었다. 남해역에서 인공용승을 위한 시스템 개발 및 효과 연구가 일부 진행된 바 있으나, 저층에 구조물을 설치하여 흐름을 유도하는 시스템이었으며 심해역을 대상으로 하는 본 연구와는 차이가 있다.

관련 개발 핵심기술

기초생산력 증대를 위한 부유식 인공용승시스템의 완성을 위해서 개발되어야 하는 핵심요소기술들은 그림. 3에서 보여주고 있다. 수심 200미터 아래에 있는 해양심층수를 육상까지 이송하기 위한 라이저 파이프 개발은 필수적이다. 특히 대용량의 해양심층수를 취수하기 위해서는 대구경라이저파이프의 개발이 이루어져야 한다. 전체 시스템을 유지하는 부유체플랜트는 최소 체적으로 기능을 수행할 수 있어야 한다. 부유체플랜트에는 각종 설비와 에너지 공급시스템이 탑재되어야 하는데, 시설물이 외해에 설치되는 관계로 자가에너지 공급시스템의 개발 및 탑재가 요구된다. 취수 후 확산하기 위한 프로펠러 혹은 수중

펌프 시스템의 개발과 먼 거리까지 확산하면서 장기간 체류하기 위한 밀도류 생성 기술이 요구된다. 고영양염을 포함한 해수에 의해서 식물플랑크톤의 광합성 작용 등에 관한 예측 기술이 필요하며, 플랑크톤의 광합성 최적 조건을 위한 매개변수를 도출하여 효율을 높일 수 있어야 한다. 해양심층수에는 표층에 비하여 이산화탄소 농도가 높기 때문에 해양심층수가 표층으로 용승될 때 이산화탄소 방출과, 식물플랑크톤의 광합성에 의한 이 광합성 작용을 한다면 이산화탄소 흡수가 이루어 지기 때문에 흡수와 방출에 관한 수치해석 기술이 개발되어야 한다. 이상의 여러 요소기술들이 융합적으로 개발된다면 안정적이고 효율적인 시스템의 운용을 통하여 설정한 목표를 이룰 수 있을 것이다.

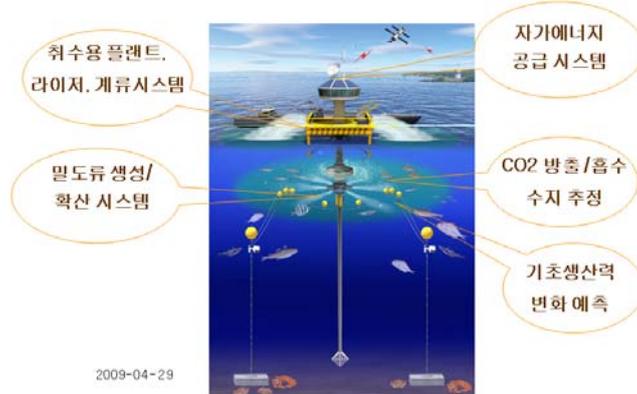


그림. 3 부유식 인공용승시스템 핵심요소 기술

결론

본 연구에서는 동해 외해에 무한히 부존하는 해양심층수 자원을 개발하여 활용하기 위한 시스템에 관한 개념적 연구를 수행하였으며, 부유식 인공용승시스템의 성공적인 개발과 운용을 위하여 필요한 핵심요소기술들을 소개하였다. 현재 기초연구가 진행 중이며 본격적인 연구를 통하여 요소기술 개발을 수행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 ‘해양심층수의 다목적 이용 개발’ 및 ‘해역 기초생산력 증대를 위한 부유식 인공용승시스템 핵심기술 연구’ 과제의 지원으로 이루어졌음을 밝힙니다.

참고문헌

- 김동선, 김경희, 심정희, 유신재, (2007), “동해 울릉분지에서 봄과 여름동안 시계방향 와류가 영양염과 엽록소에 미치는 영향”, *The Sea* (한국해양학회지), Vol. 12, No. 4, pp. 280-286, Nov.
- 정창수, 심재형, 박용철, 박상갑, (1989), “한국 동해의 기초생산력과 질소계 영양염의 동적관계”, *한국해양학회지*, Vol. 24, No. 1, pp. 52-61, Mar.
- 한국해양연구원, (2002), ‘Atlantis’.