

친환경성 갯벌차량 설계를 위한 기술 분석

여태경* · 홍섭* · 김형우* · 최종수*, 임동일**

*한국해양연구원 해양시스템안전연구소

**한국해양연구원 남해연구소

Technology Assessment for Design of an Environment-Friendly Vehicle for Tidal Flat Zone

TAE-KYEONG YEU*, SUP HONG*, HYONG-WOO KIM*, JONG-SU CHOI* AND DONG-IL LIM**

*Ocean Development System Laboratory, KORDI, Daejeon, Korea

**KORDI South Sea Institute, Kyeong-Nam, Korea

KEY WORDS: Vehicle 차량, tidal flat zone 갯벌, Environment-Friendly 친환경성, Shear-strength 전단응력, Water content 함수율, Channel and gully 조류로 및 조류세곡, All terrain Vehicle 험지용 차량

ABSTRACT: West coast of Korea belongs to the five largest tidal-flat zones in the world. Aiming at the efficient management and preservation of the eco-system and the enhancement of the bio-productivity of the tidal-flat zones, development of a environment-friendly vehicle for tidal-flat area is being attempted. This paper deals with the description of the characteristics of the tidal-flat zones of west coast of Korea, the technology assessment of the related products in the ATV(All-Terrain Vehicle) market, the demand assessment for the resident people.

1. 서 론

갯벌은 육지와 바다가 만나는 환경에서 형성되기 때문에, 다양한 생물종(대략적으로 어류 230종, 계류 193종, 새우류 74종, 조개류 58종 등이 서식할 만큼 영양염류가 풍부하고 그만큼 생산성이 높다. 실제로 갯벌은 생산성이 육지에 비해 9배 정도 높은 것으로 알려져 있고, 갯벌의 어류 생산성은 에이커당 10톤이라는 연구 결과가 있다(홍섭, 2004). 연안해양 생물의 66%정도가 갯벌지역과 직접적인 관계가 있으며 어업활동의 90%가 갯벌과 직·간접적으로 관련이 있다. 또한 갯벌지역은 대부분의 해안생물과 조류들의 먹이 섭취장소이고 번식장소이다. 갯벌은 이러한 생물의 서식지로서 뿐만 아니라 육상으로부터 배출되는 오염물질을 정화하는 자연정화 기능, 육상과 해양사이에서의 완충역할을 하는 홍수 및 대풍조절 기능 그리고 아름다운 경관과 해양레포츠 등의 심미적 기능도 가지고 있다.

우리나라 서·남해안에는 약 2,393km²의 갯벌이 분포되어 있으며, 이는 국토면적의 약 2.4%에 해당된다. 그 중 서해안 지역에 전체 갯벌면적의 약 83%인 1,980km²가 분포하고 있으며, 남해안에는 약 423km²가 분포하고 있다. 지역별로 보면 경기도(인천포함) 35%, 전북 5%, 전남 44%, 부산-경남 3%로서 경기도와 전남지역에 전체 갯벌의 80% 정도가 분포하고 있다.

서해안 갯벌은 해당지역 주민의 생활 터전으로서 그 역할을 다하고 있으며, 갯벌생태 환경의 건강성과 생산성은 지역 주민 뿐 아니라 전 국민의 생활을 윤택하도록 하는데 크게 기여하고

있다. 그러나 서해 권역은 수도권 및 경인 지역을 비롯하여 인구밀집 지역과 산업단지로부터 유입되는 각종 쓰레기와 오염원들 그리고 유조선 좌초와 같은 해난유류 우출 사고 등에 의한 갯벌생태 환경의 오염 및 파괴의 위험에 노출되어 있다. 이러한 위험으로부터 갯벌생태계를 지키기 위해서는 갯벌생태계에 대한 지속적인 실태조사가 필요하며, 보전가치가 높은 갯벌을 습지 보호지역으로 지정·관리하여야 한다.

위에서 설명한 바와 같이, 국민 생활에 직·간접적으로 큰 영향을 주고 있는 우리나라 갯벌의 생태환경을 효율적으로 조사·관리하고, 깨끗하고 건강한 갯벌을 보존하기 위해 필요한 갯벌 이동 수단은 매우 제한되어 있는 실정이다. 갯벌 해역은 만조 시에도 수심이 매우 낮기 때문에 중·소형 작업선박의 진입이 불가능하며, 전반적으로 지반이 매우 무르기 때문에 사람도 도보로 이동하는 것은 매우 힘들며, 특히 니질 갯벌에서는 그 어려움이 더욱 크다. 이러한 문제를 극복하고 연안 갯벌의 효율적 관리와 이용을 위하여, 한국해양연구원에서는 해양수산부의 지원 하에 2006년부터 용도별, 기능별 친환경성 갯벌차량 기술개발을 목표로 “친환경 갯벌차량 기술개발” 과제를 수행하고 있다.

본 논문에서는 친환경성 갯벌차량의 설계를 위해 필요한 기술을 분석하고자 한다. 갯벌차량의 기술개발에 필요한 핵심기술은 크게 차체구조기술, 동력장치기술, 주행장치기술, 시스템통합기술, 유지·보수기술로 분류할 수 있다. 이와 같은 기술 개발을 위해, 먼저 갯벌의 지형 및 지질공학적 특성, 관련 제품의 기술 그리고 직접적으로 관련된 수요자 조사 및 분석이 반드시 선행적으로 이루어져야 한다. 이것을 기반으로 친환경 갯벌차량의 개념을 도출하고 용도와 기능에 맞는 차량을 설계하고자 한다.

여 태 경 : 대전광역시 유성구 장동 35-1

042-868-7696 yeutk@moeri.re.kr

2. 우리나라 갯벌의 특성 분석

2.1 갯벌 퇴적물 조직에 따른 분류 및 특성

갯벌은 퇴적물의 조직에 따라 모래 입자가 우세한 모래 갯벌 (sandy tidal flat), 니질 입자가 우세한 펄 갯벌 그리고 모래와 니질 입자가 혼합된 혼성 갯벌로 구분된다. 모래 갯벌은 모래 퇴적물 입자(직경 0.063mm 이상)의 함량이 90% 이상으로 펄 갯벌과 비교하여 함수율이 낮고, 단단한 지반 특성을 갖는다. 따라서 상대적으로 접근이 용이하며, 연체동물이 풍부하게 서식한다. 모래 갯벌은 주로 외해와 직접 연결되는 수력학적 에너지가 큰 해역에 형성되며, 해빈을 제외하면 새만금과 백령도 해역에 많이 분포하고 있다. 펄 갯벌은 모래 갯벌과 대조적으로 펄(실트와 점토) 입자의 성분이 90% 이상에 달하는 갯벌이다. 펄 갯벌은 함수율이 높고, 입자의 크기가 세립하여 점착력이 좋으나 전반적으로 연약한 지반 특성을 갖는다. 따라서 모래 갯벌과 달리 접근이 어려우며, 많은 조류로가 발달한다. 이렇게 니질의 함량이 높은 펄 갯벌에서는 퇴적물의 간극이 좁아 산소와 해수가 펄 속 깊이 침투하기 어렵다. 따라서 이곳에 서식하는 생물들은 지표면에 구멍을 내거나 관을 만들어 이를 통해 해수가 침투되도록 한다. 펄 갯벌에서는 모래 갯벌에 비해 갑각류나 조개류보다 퇴적물 식자인 갯지렁이 류가 많다. 우리나라 서남해안에 발달하고 있는 갯벌은 대부분 펄 갯벌이다. 혼성 갯벌은 모래와 펄이 각 50% 정도로 섞여있는 혼합 퇴적물로 구성된 갯벌이다. 펄이 더 많으면 모래펄 갯벌, 모래가 더 많으면 펄모래 갯벌로 구분할 수 있다. 서해 함평만과 곰소만 등이 대표적인 혼성 갯벌이다. 이와 같이 지역적으로 퇴적물의 조직에 따라 펄, 모래, 혼성 갯벌로 구분될 수 있으나, 하나의 갯벌 내에서도 지역적으로 여러 종류의 갯벌이 혼합된 형태로 존재한다.

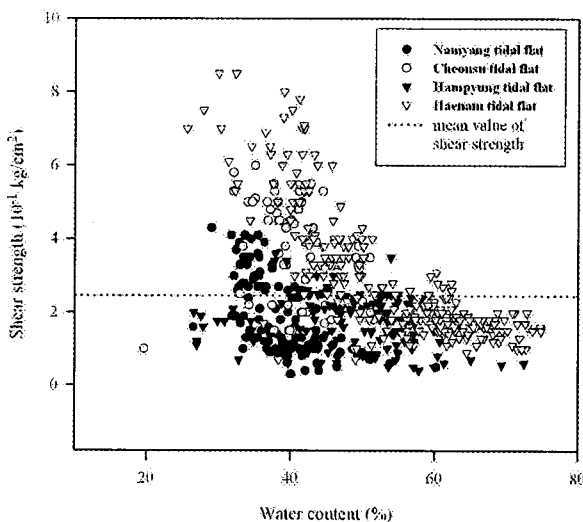


Fig. 1 Water content and shear strength of west-tidal flat deposit

갯벌차량의 운행에 있어 중요한 갯벌 퇴적물의 물성 특성으로는 전단강도, 함수율, 침하량, 점착력, 부착력 등으로 정의할 수

있다. 갯벌퇴적물의 함수율은 25~90% 범위이며, 전반적으로 30~75% 범위이다. 전단응력은 0.01~0.85kg/cm² 범위이며, 평균 0.25kg/cm²이다. 함수율은 퇴적물 중 니질의 함량이 높을수록 증가한다. 한편, 깊이에 따른 다져짐과 압축효과에 의해 함수율이 증가할수록 전단응력은 감소한다. Fig. 1은 서해 남양만, 천수만, 함평만, 해남만 갯벌에서 획득된 시추 퇴적물의 전단응력과 함수율 범위를 보여준다(Lim, 2001).

지금까지 조사된 결과에 의하면, 일반 토양에 대한 점착력, 부착력 등의 특성에 대한 정보는 많이 알려져 있는 반면, 갯벌의 물성적 특성에 대한 데이터는 매우 미비한 실정이다. 갯벌차량의 설계를 위해서는 이러한 특성조사가 이루어져야 한다.

2.2 갯벌의 지형적 특성

갯벌의 지형은 Fig. 2에서와 같이, 크게 퇴적물이 집적되는 갯벌지역(tidal flat), 주조류 수로(main tidal channel), 조류로와 조류세곡(tidal channel and gully) 등으로 세분된다.

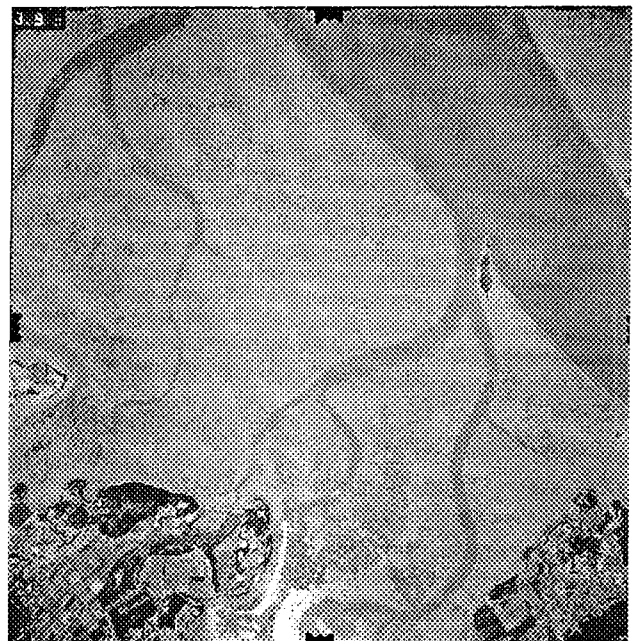


Fig. 2 Tidal channel and gully in Hampyung-man

주조류 수로는 저조시에도 해수로 덮여 있으며, 갯벌지역과 조류로 및 조류세곡은 저조시 대기 중에 노출된다. 대표적인 예로 함평만 갯벌의 경우, 갯벌은 주조류 수로를 기준으로 주조류 수로의 동, 서측 니질 갯벌과 만의 내측 혼성 갯벌로 뚜렷이 구분된다. 주조류 수로는 폭 50~80cm, 깊이 1~1.5m이며, 주조류 수로의 동측 니질 갯벌은 대부분 지역이 평균해수면 상위의 지역으로 고도가 높고 비교적 평탄한 지형을 보인다. 그러나 간조선 부근에는 해안선에 평행한 사주가 발달하고 있고, 만조선 부근에는 소규모 해빈이 존재하고 있어 전체적으로 위쪽으로 오목한 지형 단면을 보인다. 또한 갯벌 내에는 폭 1~2m, 깊이 1~2m의 조류로와 조류세곡이 잘 발달되어 있다. 반면, 만의 내측 혼성 갯벌은 대부분의 지역이 평균 해수면 보다 낮아 고도가 낮고

해안선에서 간조선 방향으로 완만한 기울기를 가지고 연장되어 있다. 갯벌 내에 발달하고 있는 다양한 크기의 조류로와 조류세곡은 퇴적물의 주요 이동 통로로써 중요한 역할을 하지만 갯벌 차량 운행에 있어서는 하나의 중요한 장애물로 차량개발 시 고려해야할 요소 중 하나이다.

일반적으로 조류로와 조류세곡은 모래 갯벌보다는 펄 갯벌에서 잘 발달하며, 그 크기와 형태 또한 지역에 따라 매우 다양하다. 함평만의 경우 몇몇 조류로의 크기와 깊이는 각각 1~2m, 1~2m 범위이며, 남양만의 경우, 조류로의 형태는 U자 형이며, 조류로에서 가지를 친 조류세곡은 주로 V자형으로 경사는 30~45도의 매우 급한 경사면을 가진다. 이러한 조류세곡의 깊이는 0.5~1m 범위이며, 수로의 경사면에는 함몰구조가 자주 나타난다.

갯벌차량이 극복해야할 지형적 장애물의 범위를 정하기 위해서는, 이들 조류로와 조류세곡에 대한 지역적 분포와 그 형상에 대한 자료가 반드시 필요하다. 이것을 토대로 차량의 크기와 주행장치의 구조가 설계된다.

3. 관련제품 기술 분석

갯벌을 주행하는 차량과 유사한 것으로는 험악한 산, 연약한 지반이 있는 늪, 혹은 눈이 쌓여 있는 도로 등을 주행하는 험지용 차량(All-Terrain Vehicle)이 그 예이다. 험지용 주행차량은 일반 차량과 달리 늪지대나 눈 위에서 미끄러지지 않기 위하여 4륜 혹은 6륜(또는 8륜)으로 개발되었다. 또한, 타이어의 공기압을 낮게 하여 많은 부분이 지면과 접촉하도록 하였다. 험지용 차량을 용도별로 나누어 보면, 산업용, 농업용, 구난용, 탐사용, 레저용, 군수용 등으로 나눌 수 있다. 최근에는 다목적 용으로 개발되어 사용되고 있다. 현재, 험지용 차량에 대한 국내의 관련제품에 대하여 다각적인 기술 분석이 진행되고 있다.

본 절에서는 국외 기술에 있어서는 캐나다 ODG사의 Argo 제품, 그리고 국내 기술에 있어서는 국내 관련 특허 조사와 관련 제품에 대한 기술 분석 결과를 간략하게 소개하고자 한다.

3.1 Argo 모델

ODG사가 개발한 Argo 모델은 크게 6륜과 8륜으로 구별할 수 있다. 6륜 모델로는 VANGARD, BIGFOOT, CONQUEST가 있으며, 육상에서는 4명까지 탑승이 가능하고, 수상에서는 2명까지 탑승이 가능하다. 8륜 모델로는 RESPONSE와 CONQUEST가 있다. 육상에서는 6명, 수상에서는 4명까지 탑승이 가능하다.

변속기(Transmission)

ODG는 북미지역의 변속기를 제공하는 업체로 시작하였기 때문에, 변속기분야에서는 거의 독보적인 기술을 가지고 있다. 타제품에 비해 같은 엔진에서 출력이 높은 편이다. 작은 엔진을 사용하여 높은 출력을 낼 수 있으므로, 차체의 경량화 측면에서 경쟁력을 가진다.

차체바디(Body)

연약한 갯벌에서 주행하기 위해선 우선적으로 고려되어야할

것이 차체의 경량화이다. Argo의 차체바디는 HDPE(High Density Polyethylene) 재료를 열처리한 후, 소성 가공하여 제작한다. 따라서 무게가 가볍고 제작 시간이 단축 될 뿐만 아니라, 내부식성에 있어 매우 우수한 것으로 분석된다. 그러나 Argo 모델의 경우, 물 위에서는 연결 부위에 침수가 발생하여 내부에 배수용 펌프가 별도로 설치되어 있다. 이것은 담수에서는 유효하나, 해수에서는 치명적인 약점으로 분석된다.

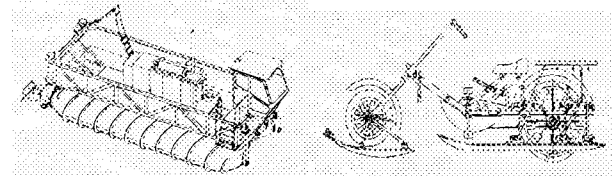
주행장치(Driving device)

Argo 모델의 주행방식은 기본적으로 타이어 구동방식이다. 여기에 사용되는 타이어는 상용차의 타이어와는 달리 험지주행 뿐만 아니라 수중에서 부력과 추진력을 동시에 얻을 수 있도록 설계되어 있다. 또한 연약한 지반을 주행하기 위하여 바퀴에 케도를 장착하는 것도 가능하도록 제작되어 있다. 그러나 이것은 습지 또는 눈이 많은 지형에서는 추진력을 얻을 수 있지만, 갯벌에서는 추진력을 얻기가 매우 힘들다. 이유인 즉, 타이어와 케도 사이에 갯벌이 침투하여 슬립을 유발시키기 때문이다. 따라서 아르고의 구동장치는 갯벌 주행 차량에는 적합하지 못한 것으로 분석된다.

부품(Parts)

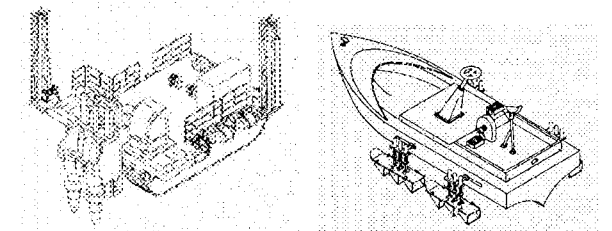
Argo 모델은 해수용이 아닌 담수용으로 설계·제작되었다. 따라서 해수에 의한 부식에 매우 취약하다. Argo 모델의 부품을 갯벌차량에 그대로 사용할 경우 부식에 치명적인 것으로 분석된다.

3.2 국내 관련 특허 및 제품



(a) Screw

(b) Ski



(c) Caterpillar

(d) Paddle

Fig. 3 Domestic patents for tidal-flat locomotion method

국내의 갯벌주행 관련 특허 사례를 조사한 결과로부터 주행 형태에 따라서 대표적으로 스키, 스크류 그리고 무한케도 등으로 나눌 수 있다. 스키 방식은 Fig. 3(a)와 같이 자전거에 스키를 장착하여 침하를 억제하고자 하였지만, 바퀴 구동만으로는 갯벌주행에 필요한 추진력을 얻지 못할 것으로 분석된다. Fig. 3(b)의 스크류 방식은 스크류 회전에 의해 추진력을 얻는 방식으로, 갯벌을 심각하게 교란시켜 갯벌생태계를 훼손시킬 우려

가 있다. Fig. 3(c)의 무한레도 방식은 선체를 구조 변경하여 레도를 장착함으로써 물이 얇은 곳에서 부력과 지반의 추진력을 동시에 얻고자 하였지만, 물이 완전히 빠진 갯벌에서는 무게에 의한 접지압이 높아 추진력을 얻지 못한다. Fig. 3(d)는 보트에 4개의 추진판(paddle)을 사용하여 직선왕복 운동으로 추진력을 얻고자 하였지만, 주행 효율이 떨어질 뿐만 아니라, 추진판이 갯벌에 파묻혀서 움직일 수 없는 상태 또는 큰 동력을 필요로 하는 결과를 초래할 우려가 있다.

국내 협지용 차량은 거의 대부분이 수입에 의존하고 있으며, 현재는 레포트 용도로 활용되고 있다. 그나마 국내에서 생산되는 제품으로 갯벌주행 차량과 관련이 있는 것으로는 농업용 기계(콤바인, 제초기 등)이다. (주)한서정공의 스피드스프레이는 Argo 제품의 동력전달 메커니즘과 매우 유사한 방식을 채택하고 있으며, 유압식 변속기(HST)를 사용하여 간편한 작동과 쉬운 방향전환을 실현하였다. (주)신화는 'Wild Crab'이라는 수륙양용 선박을 제작하여 연약오염방제에 적용한 실적을 가지고 있다.

4. 수요자 분석

갯벌차량의 기술개발은 다기능성을 보유한 차량기술 개발이 아닌, 용도별, 기능별 차량에 초점을 맞추어 기술을 개발하는 것이 목표이다. 한국해양연구원에서는 갯벌차량을 크게 갯벌환경탐사, 구난오염방제, 갯벌조업으로 나누고, 그 용도에 맞는 차량 기술을 개발하는 것을 계획하고 있다. 이를 위해서는 수요자의 요구에 대한 분석이 반드시 이루어져야 한다.

먼저, 갯벌조업용 수요자 분석은 2004년도 "친환경 갯벌차량 기술개발 기획연구"를 한국해양연구원에서 수행하면서, 전국의 갯벌을 낀 어촌계를 대상으로 설문지 발송을 통해서 수행되었다. 현재 갯벌전문가를 대상으로 하는 갯벌환경탐사용 차량에 대한 수요 분석이 진행되고 있다. 그 조사방법은 직접 방문을 통해서 차량의 개발에 필요한 기술 및 개발을 통해 야기될 수 있는 우려 등에 대한 전반적인 의견을 수렴하는 동시에, 설문지를 통해서 보다 객관적인 데이터를 수집하고 있다.

2004년도에 실시한 갯벌조업 관련 수요조사는 전국의 갯벌을 낀 어촌계를 대상으로 설문지를 발송(총 250통)하는 방법으로 행해졌다. 분석 결과는 회수된 설문조사지(총 83통, 회수율 33.2%)를 표본으로 삼아 분석한 결과이다.

먼저, 갯벌차량의 수요규모에 대한 결과는 갯벌출입의 어려움과 개선의 필요성을 크게 느끼는 것으로 나타났다. 현재 사용되는 갯벌용 운반도구로는 경운기, 트랙터 등(34.5%)이 많이 사용되며, 다음으로 배(21.8%)를 많이 사용하는 것으로 조사되었다. 차량의 구입의사는 별로 없다는 응답자가 조금 높게 나왔으며, 이유는 가격 부담 때문이라는 것이 압도적이었다. 또한, 물에서 갯벌작업장까지 이동거리는 과반수 이상 1km이하라고 응답하였다.

갯벌차량과 환경에 대한 조사결과에서는, 조업용 이외의 다른 용도에 대해서는 정화용(쓰레기 수거 등)이라고 응답한 사람이 압도적으로 높았고, 다음으로는 탐사용, 구난용 순으로

나타났다. 갯벌환경의 오염상태에 대해서는 어느 정도 심각한 상태라고 응답한 사람이 절반정도였다. 차량 개발에 따른 생태환경의 영향에 대해서는 영향을 미친다는 응답(57.3%)이 미치지 않는다는 응답(42.7%)보다 높게 나타났다.

차량 개발의 기술적 고려사항에 대한 결과에서는 적재능력이 신속성, 탑승인원 보다 높게 나타났으며, 탑승인원은 응답자의 절반이 2~4명이라고 답하였다. 차량에 대한 장애물로는 수로가 가장 많은 비중(56.6%)을 차지하였고, 다음으로 암초, 자갈지대, 기타 등으로 조사되었다. 갯벌의 특성은 사질보다는 니질 갯벌이 더 많았고, 굴곡이 심한 편 보다는 없는 편이 많았으며, 수로가 많다는 의견이 주류를 이루었다.

5. 결 론

본 논문에서는 용도별, 기능별 친환경 갯벌차량의 설계에 필요한 기술을 개발하기 위하여 크게 3가지 관점에서 기술 분석한 결과를 소개하였다. 갯벌의 특성 분석에 있어서는 함수율과 전단응력에 대한 자료는 미비하나마 확보하였지만, 점착력, 부착력 등에 대한 자료는 아직 조사 및 확보하지 못하였다. 국내외 관련 제품에 대한 다각적인 기술 분석을 수행하여, 개발 필요성이 있는 기술과 활용 가능한 기술에 대한 분석이 이루어진 상태에 있다. 수요자 분석에 있어서는 갯벌조업 분야는 어촌계에 대한 수요조사를 통해 상당한 정보가 구축되었다. 앞으로 갯벌탐사연구와 구난오염방제 분야에 대한 자료 조사 확보를 통하여, 친환경 갯벌차량의 기술 개발에 필요한 5가지 핵심기술을 정립하는 것이 우선적 과제이다.

후 기

본 연구는 해양수산부 지원으로 수행되고 있는 '친환경 갯벌차량 기술개발' 연구결과 중 일부를 밝히며, 연구비 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 홍 섭 등 (2004). "친환경 갯벌차량 기술개발 기획연구", 해양수산부,
- Lim, D.I. (2001). "Late Quaternary stratigraphy and sedimentology of tidal-flat deposits, western coast of Korea", Ph.D. thesis, Seoul National Univ., Korea.