

감척으로 인한 FRP어선의 처리방안

송 정 현*

부경대학교 해양산업경영학부

The disposal process for scrapped FRP fishing vessels

Jung-Hun SONG*

Division of Marin Business & Economics, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

A scrapped fiber-reinforced plastic(FRP) fishing vessel causes many environmental problems, because technology development for recycling FRP vessel has not been adequately addressed. FRP is a main material for constructing a small coastal fishing vessel that is an object of reduction policy. Therefore, the FRP wastes derived a scrapped fishing vessel are increasing. In this study, I investigated an effective disposal process for FRP through the analysis of the actual conditions of scrapped FRP fishing vessel. The treatment processes of scrapped FRP fishing vessel are carried out with oil-removing, dismantling, intermediated processing(crushing), and then reclaiming follows burning in the final processing in Korea. However, in Japan, several recycling methods have been developed, for example, the incineration including thermal recovery, the use of cement-reclamation, and the use of asphalt concrete aggregate, because the method of reclaiming after incinerating which is generally used in Korea produces a toxic by-product such as dioxin.

Key words : FRP, Scrapped fishing boat, Disposal plan, Recycling

서 론

FRP는 일반적으로 섬유와 같은 강화재로 복합시켜 기계적 강도와 내열을 좋게 한 플라스틱으로 정의되고 있다. 한편 법률적으로는 폐기물관리법 제2조에서 사업장폐기물로 분류되고 있다. 여기서 사업장 폐기물이라 함은 대기환경보전법·수질환경보전법 또는 소음·진동규제법

의 규정에 의하여 배출시설을 설치·운영하는 사업장 기타 대통령령이 정하는 사업장에서 발생되는 폐기물을 말한다.

FRP는 비행기, 건축자재, 자동차, 레저보트, 낚시대, 테니스라켓, 욕실, 욕조급수탱크 등 사용범위가 광범위하다. 어업용 FRP 선박이 건조되기 시작한 것은 약 20년 전으로 FRP선박은

*Corresponding author: seabream@pknu.ac.kr, Tel : 82-51-620-6517, Fax: 82-51-612-8505

FRP 제품수요의 약 5%를 차지하고 있다(Antal and Rogers, 1980; Beltran and Marcilla, 1997).

해양수산부 행정자료의 최근 5년간 감척된 연안어선의 선질 별 추이를 보면 목선이 53.3%, FRP선이 8.3%, 강선이 38.3% 순으로 되어있다. 그러나 해양수산통계연보에서 2007년 선질별 어선수를 보면 강선이 2,308척, 목선이 17,080척, FRP선이 63,873척, 기타가 97척으로 각각 2.8%, 20.5%, 76.6%, 0.1%를 차지하여 향후 연안어선의 감척대상으로 FRP선의 증가가 예상된다. 여기서 감척대상 업종에 한정하였을 경우 총 53,653척 중 강선이 163척, 목선이 14,561척, FRP선이 38,849척, 기타가 80척으로 FRP선이 전체의 72.4%를 차지하고 있다.

이와 같이 FRP선박이 발달한 이유는 가볍고 강도가 크며, 성형이 쉽다는 장점이 있으나 금속 및 여러 가지 부품으로 구성되어 있고 수송상의 문제 등으로 FRP폐선들이 전국 각지에 분산 방치되어 있어 다른 폐 FRP 제품보다 더욱 심각한 환경문제를 일으키고 있다. 현재 약 10만톤의 FRP폐선이 있는 것으로 알려져 있다.

또한 연안어선의 감척으로 인해 약 6,300여척을 처리해야 하는 현실을 감안할 때 효율적인 처리방안이 강구되어야 한다. 따라서 본 연구는 감척어선의 처리실태 분석을 통하여 효율적인 폐선 처리방안을 강구하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

폐어선 처리과정 고찰을 위해서 경상남도 와 전라남도의 지방자치단체 해당관련부서의 인터뷰 조사를 실시하였고, 적용법령 검토를 위해 폐기물관리법과 해양오염방지법에서 폐어선 처리와 관련이 있는 조항을 추출하였다. 그리고 폐어선 처리공정을 파악하기 위하여 폐선처리장 실태 조사를 통해 대표적인 처리공정을 일반화하는 작업을 수행했다.

최종적으로 효율적인 처리방안을 모색하기 위하여 선진사례를 검토하였는데, 열회수 실용화

사례로 일본의 A사의 실태 조사를 실시하였으며, 일본 수산청이 시도하고 있는 시멘트원재료 및 아스팔트 콘크리트 골재이용 사례를 채택·분석하였다.

결 과

FRP 폐선의 처리 과정

FRP폐선의 처리 과정은 다음 세 가지 방법이 있는데, 먼저 소각로를 소유하고 있는 폐선처리장에서 처리된 후 폐기(매립)되는 경우로, 현재 부산광역시 사하구, 경상남도 통영시, 전라남도 목포·여수시, 충청남도 태안군 등 국고지원에 의한 폐선처리장 5개소를 설치·운영 중에 있다.

다음은 소각로가 없는 일반조선소에서 해체된 후 폐기(소각 후 매립)되는 경우로, 현재 신고해체처리 선박기준이 100톤으로 규정되어 있어 폐선의 대부분을 차지하고 있는 소형선박에 대해서는 해체사업자가 난립하고 있는 실정이다.

마지막 사업장 폐기물 전문처리업체에 위탁하는 경우로, 상기 폐선처리장을 1998년에서 2004년 기간 중 5,950백만원을 투자하여 17개소를 설치·추진할 계획이었으나 설치대상지역의 민원발생과 사업자의 재정부족으로 인해 사업장폐기물처리장(34개소) 활용으로 정책이 변경되었다.

FRP 폐선처리에 관한 적용법령

우리나라는 1961년 오물청소법에 의해 생활쓰레기를, 1977년 환경보전법에 의해 산업폐기물을 규율하다가 1986년 폐기물관리법을 제정하여 생활쓰레기와 산업폐기물을 통합 관리하고 있다. 이에 따라 우리나라의 폐기물 규제는 폐기물관리법을 기본으로 하고 있으며, 폐어선의 처리와 관련된 것은 해양오염방지법에서 규율하고 있다.

폐기물관리법에 의하면, “폐 FRP는 사업장 폐기물에 해당되므로 폐기물관리법 제12조에 의거하여 폐기물을 수집·운반·보관·처리하고

자 하는자는 대통령령이 정하는 기준 및 방법에 의하여야 한다. 동법 제25조에서 사업장폐기물 배출자는 그의 사업장에서 발생하는 폐기물을 스스로 처리하거나, 폐기물처리업의 허가를 받은 자, 다른 사람의 폐기물을 재활용하는 자, 폐기물처리시설을 설치·운영하는 자 또는 해양오염방지법 규정에 의하여 폐기물해양배출업의 등록을 한 자에게 위탁하여 처리하여야 한다. 폐FRP의 구체적인 수집·운반·보관·처리에 관한 기준 및 방법은 폐기물관리법시행규칙 별표4에서 규정하고 있다. 폐합성고분자화합물 중 열경화성 수지에 포함되는 폐FRP는 소각하거나 최대직경 15cm 이하의 크기로 파쇄·절단 또는 용융한 후 매립층안의 공간이 최소화되도록 관리형 매립시설에 매립하여야 한다.”라고 규정되어 있다.

해양오염방지법 제53조에서 선박해철의 신고 등에 관한 규정을 보면 “①선박을 해철하고자 하는 자는 해철작업과정에서 기름등폐기물이 배출되지 아니하도록 해양수산부령이 정하는 바에 따라 해양오염방지를 위한 작업계획을 수립하여 작업개시 7일전까지 해양경찰청장에게 신고하여야 한다. 다만, 유조선외의 선박으로서 해양수산부령이 정하는 선박의 경우에는 그러하지 아니하다. ②해역관리청은 폐선의 원활한 처리를 위하여 폐선처리장을 설치·운영할 수 있다.”라고 되어 있다.

FRP처리과정

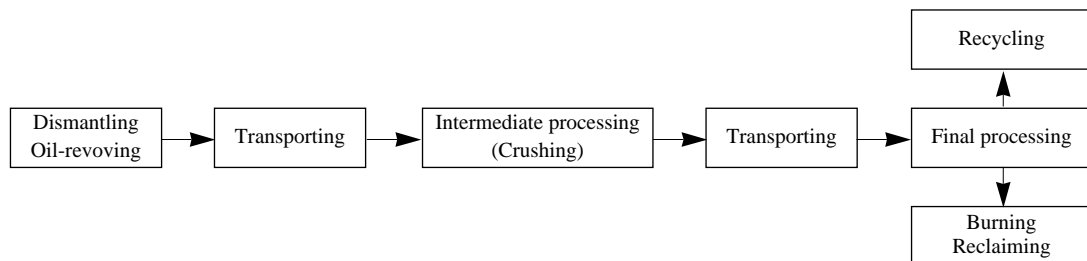


Fig. 1. A disposal process of abandoned FRP vessels.

첫째, 폐선의 해체는 중간처리(파쇄)의 전처리로 주로 운반의 효율성을 높이기 위한 감량화를 목적으로 하고 있다. 선체를 해체하는 방법은 소형어선의 경우는 일반 건설기기(주로 포크레인)에 의한 수법이 일반적이며, 10톤 이상의 대형어선은 그라인더 등을 보조적으로 사용한다. 작업과정에서 소음, 진동, 분진이 발생하기 때문에 처리장소의 입지 및 분진대책에 유의하여야 한다. 현재 일부 행해지고 있는 FRP 폐선처리사례를 보면 해체 시 선내의 기름을 제거하지 않아 폐유가 흘러나와 작업장 주변을 오염시키는 사례가 종종 있다. 이를 방지하기 위해 연료유, 엔진오일 등을 사전에 선체로부터 제거할 필요가 있다. 이와 같은 작업은 선내구조 및 의장품에 관한 전문지식이 필요하기 때문에 조선업자 및 선박해체업자의 도움을 받아야 안전하고 효율적으로 작업을 추진할 수 있다. 이렇게 회수한 유류는 폐유로서 산업폐기물에 해당하므로 산업폐기물법에서 정하는 방법으로 적절히 처리·처분하여야 한다. 따라서 해체처리시설 및 어항주변에 폐유회수시설을 설치하는 것이 바람직한 방법이다.

둘째, 운반은 선체형태로 운반한 경우와 선체를 해체한 후 운반하는 경우로 나눌 수 있다. 여기서 양륙된 어선을 선체형태로 운반할 경우 도로교통법에서 규율하고 있는 적재기준을 준수하여야 한다. 이와 같은 선체 운반은 항구 근처에 해체작업이 가능한 장소가 확보되지 않은 경우, 관

할지역내에 해체처리업자가 존재하지 않는 경우, 소형선이 대상인 경우에 행해진다.

셋째, 중간처리(파쇄)기술은 기계적조작에 의하여 수 cm에서 1m 정도의 적당한 크기로 자르는 기술이다. 소각처리 및 매립처분 등의 공정에서 요구하는 크기를 충족시키기 위한 방법으로 감량효과가 크다. 파편을 매립하는 경우에는 전술한 바와 같이 15cm 이하의 크기로 절단하고, 소각하는 경우에는 소각로의 투입구의 크기에 맞추어 절단한다.

마지막 최종처분은 폐 FRP의 최종방법으로는 소각하거나 매립하는 방법, 분쇄하여 다른 물질과 혼합 사용하는 방법, 열분해하여 기름 또는 가스로 만드는 방법, 화학적인 방법으로 분해하여 재합성 시키는 방법, 초입계 용매 등을 사용하여 용해시키는 방법, 등을 들 수 있다. 우리나라의 폐 FRP 선박의 주된 처리방법은 소각후 매립하는 방법으로 매립에 의해 토양과 주위환경에 2차오염을 일으키거나, 연소 시에 다이옥신 등 공해 물질을 다량배출하고, 고온에서도 소각되지 않는 유리섬유의 처리문제가 있다. 최근에는 다이옥신 오염에 대한 규제가 강화되어 고성능을 가진 대형소각로(주로 대형공단 주변)를 이용하는 비율이 높아지고 있다. FRP 연소의 특징은 발열량이 크고, 열분해가스화속도가 높기 때문에 연소시에 다량의 공기가 필요하다. 또한 유해가스 및 검은연기 등 대기오염과 악취를 유발하기 때문에 연소관리에 주의를 요한다. 현실적으로 폐 FRP 선박을 비롯하여 여러 경로에서 발생하는 각종 FRP 폐기물의 적절한 재활용 또는 처리대책이 확립되어 있지 않다. FRP 재활용 방법은 침전어초 및 공공 전사용으로 소수 이용되고 있을 뿐이다. 현재 FRP 처리에 관한 여러 연구가 진행되고 있지만 실용화 단계에 이르지 못하고 있다.

폐FRP선 처리주체

폐FRP선 처리주체에는 지방자치단체 주도와

정부 주도 방식이 있는데, 지방자치단체 주도는 현재 가장 일반적으로 사용되는 방법으로, 시도가 폐선처리비용역산출에 의한 가격에 준하여 공개입찰을 통해 해체처리업체를 선정할 후 폐선확인 절차가 완료되면 시도별 감척사업비에서 해체처리비용을 차감하여 해당 어업자에게 지급하는 방식이다. 이 방식은 인근 지역의 처리 시설을 활용하여 신속히 처리할 수 있다는 장점이 있으나 폐선처리시설이 미비한 지역의 경우 과도한 처리시간 및 비용이 소요되며, 영세 처리업자가 처리주체인 경우 처리기술 및 시설부족으로 인해 작업이 비효율적으로 이루어지며, 감척 부족으로 인해 불법투기 및 불법전매의 가능성이 있고, 고성능 소각시설을 갖추지 못한 지역에서 환경문제발생이 우려되는 단점이 있다.

다음으로 정부 주도는 지방자치단체 주도에 의해서 발생하는 해체처리 과정상의 단점을 보완하기 위하여 정부가 감척사업비에서 지역별 폐선처리비용을 일괄 차감하여 전국적인 전문 해체처리업자를 통해 처리하는 방식이다.

여기서 다음과 같이 감척어업자, 지방자치단체, 처리업자, 정부 간의 역할분담에 의해 폐선처리가 이루어지면 보다 효과적이라고 생각된다.

① 감척대상자: 선체의 양륙, 엔진제거 등의 장해제 및 기름제거는 통상 어업활동에서도 이루어지고 있기 때문에 어업자 자신이 작업하기에 특별한 애로가 없다고 생각된다.

② 해체업자: 선체의 절단 등 최종처리 전단계인 파쇄공정은 적절한 시설 및 전문기술이 필요하기 때문에 어업자가 대응하기 곤란하다. 따라서 중간처리(파쇄)과정은 지방자치단체가 주도가 되어 선박전문 해체업자에게 위탁한다.

③ 사업장 폐기물처리업자: 사업장폐기물 처리업자는 지방자치단체에서 파쇄상태로 수집된 폐FRP를 전문적으로 처리한다. 최근 폐FRP를 소각할 때 발생하는 오염원(특히 다이옥신) 및 폐기물 처리기준이 강화되고 있는 실정을 감안

할 때, 이러한 문제에 대응할 수 있는 시설 및 기술을 구비한 전국적인 사업장 폐기물처리장의 선정 및 사후감시는 정부가 담당한다.

고찰

열회수 실용화 사례

일본에 소재해 있는 A사는 자동차해체·폐선해체업을 주요사업으로 운영하고 있는데, 여기에 이용되는 기계류를 사용하여 FRP 선의 해체에 그 분야를 확장하고 있다. FRP 선을 가위형태의 부품을 단 대형 중기로 부수고, 그 파편을 자사개발의 소각로에서 소각, 그 열에너지를 이용하여 폐 자동차 엔진으로부터 알루미늄을 녹여 분리, 회수해서 알루미늄주괴의 형태로 자동차 회사에 매각하고 있다(Ohama, 1994).

시멘트 원재료

최근 일본에서 시멘트제조공장은, 원료확보와 함께 생산비용 절감을 목적으로, 산업폐기물을 그 원료로 대량이용하고 있다. 시멘트제조는 석회석이나 점토 등의 원료를 혼합해서 1,500℃의 고온에서 숙성시키고 녹여서 벽돌처럼 만든 것을 분쇄하여 이루어진다. FRP는 유리섬유와 수지의 적층구조를 이루고 있으며, 시멘트제조공정에 있어서 그 수지분은 소성공정에서의 연료로서 이용되고, 유리섬유는 시멘트의 구성성분의 하나를 제공하는 원료가 된다(Ninomiya and Saito, 1997).

아스팔트 콘크리트 골재

1998년도 FRP 어선 등 폐기물처리 촉진기술

개발조사(일본 수산청위탁사업)에서 폐FRP에 의한 아스팔트콘크리트화 이용가능성 시험을 실시했다. 그 결과개요는 다음과 같다.

① 실내시험결과 개요

FRP어선으로부터 채취한 폐FRP를 분쇄해, 실내시험용 샘플로 이용했다. 분쇄한 FRP를 혼입한 아스팔트혼합물의 기본특성은, 사용하는 아스팔트양이 증가할 경우 혼합물의 밀도 및 안정도가 저하되고, 동시에 저항성이 저하되는 경향이 있었다. 분쇄한 FRP의 혼입한계량은 혼합물 성상을 극단적으로 잃지 않는 용적비로서 5% 이하가 적당했다.

② 시험시공결과 개요

시험시공은 일본 네무로시 시도도로에 분쇄한 FRP를 혼용한 아스팔트콘크리트(용적비 5%)를 비교표준의 아스팔트콘크리트와 실제 도로에 포장 설비했다. FRP 혼용 아스팔트의 시공성은 통상의 아스팔트와 비교해서 손색이 없었다. 또한 공장에서 출하된 FRP 혼용 아스팔트의 마상기준밀도에 대한 단단하기는 약 99.0%로, 통상의 아스팔트와 같은 비율로서 좋은 결과가 나왔다(Ninomiya and Saito, 1997).

결론

과거 감척된 연안어선은 목선이 중심이었다. 그러나 2007년 현재 전체연안어선 중에서 FRP 선이 72.4%를 차지하고 있어 향후 연안어선 감척대상으로 FRP 선의 증가가 예상된다. 또한 감척대상 업종에 한정하였을 경우에도 FRP 선이 전체의 73.4%를 차지하고 있다. FRP 선은 다른 목선과 강선에 비해 환경문제 등 처리가 곤란한

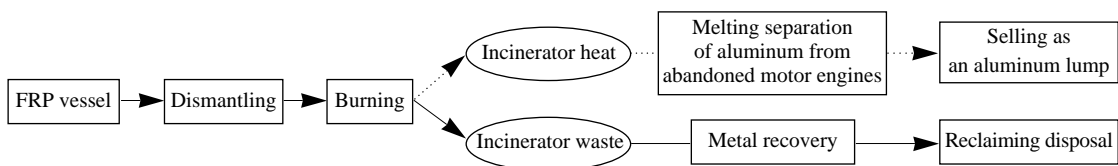


Fig. 2. A summary of an abandoned FRP vessel disposal process of surveyed company in Japan.

특성을 가지고 있다. 따라서 폐FRP의 처리에 관해서는 법령으로 규제하고 있는데, 폐기물 관리법에서는 FRP의 처리에 관한 기준 및 방법을, 해양오염방지법에서는 선박 해체에 관한 신고의무를 규정하고 있다. 현재 FRP 폐선의 처리과정을 보면 소각로를 소유하고 있는 폐선처리장에서 처리된 후 폐기(매립)되는 경우, 소각로가 없는 일반조선소에서 해체된 후 폐기(소각 후 매립)되는 경우, 사업장 폐기물 전문처리업체에 위탁하는 경우로 나뉘어 지는데, FRP 폐선은 주로 두 번째 방법에 의하여 처리되고 있다. FRP 폐선의 처리공정은 기름제거→해체→중간처리(파쇄)→최종처분으로 이루어지는데 우리나라의 최종처분방법으로는 소각 후 매립하는 방법이 일반적이다. 그러나 폐FRP는 매립에 의해 토양과 주위환경에 2차 오염을 일으키거나, 연소시에 다이옥신 등 공해 물질을 다량배출하는 등 처리에 어려움이 있기 때문에 일본에서는 열회수 실용화방법, 시멘트 원재료로 이용, 아스팔트 콘크리트 골재로 이용하는 등 다양한 재활용 기술이 개발되고 있다. 마지막으로 폐어선 처리주체는 지금까지 지방자치단체에 의해 주도되었다. 이 방식은 폐선처리시설이 미비한 지역의 경

우 과도한 처리시간 및 비용이 소요되며, 영세 처리업자가 처리주체인 경우 처리기술 및 시설 부족으로 인해 작업이 비효율적으로 이루어지며, 감시 부족으로 인해 불법투기 및 불법 전매의 가능성이 있고, 고성능 소각시설을 갖추지 못한 지역에서 환경문제발생이 우려되는 단점이 있다. 따라서 정부주도하에 전국적인 전문해체 처리업자를 통해 일괄 처리하는 방식이 이상적이라고 볼수 있다.

참고문헌

- Antal, J. and F.E. Rogers, 1980. Kinetics of cellulose pyrolysis in nitrogen and steam. *Combustion Science and Technology*, 121, 141 – 142.
- Beltran, M. and A. Marcilla, 1997. Kinetic models for the thermal decomposition of PVC plastisols. *Polymer Degradation and Stability*, 55, 73 – 87.
- Ohama, Y., 1994. Basic properties of polymer – modified mortars FRP power products. *Journal of the College of Engineering of the Nihon University*, 63 – 80.
- Ninomiya, Y. and A. Saito, 1997. Ash melting behavior under coal glassification conditions. *Energy Convers. Mgmt.*, 38, 1405 – 1412.

2008년 1월 25일 접수

2008년 2월 11일 수리