

우리나라 항만의 벙커 품질관리시스템 개선방안*

김형태**

Improving Policy of Bunker Quality Management System in Korean Ports

Kim, Hyung-Tae

Abstract

Korean ports have some problems in the aspect of quality & quantity in the bunkering process. Quality of bunker is assessed as more higher than competing ports. However, quality of bunkering procedure is assessed as lower. Especially, supply chain from loading of bunker to the bunker barge at oil terminal, transport it, and supply it to the ship has not been secured.

Furthermore, aspect of quantity of bunker is more serious rather than that of quality of bunkering process. Disputes on the quantity of bunker between seller and buyer occur frequently, and residue & theft of bunker is also popularized issue and serious problem. Low bunkering fee is recognized as major reason of that problem, however, though low fee can be solved, it can not be necessary secured that problem could be solved,

Therefore, this paper investigates and suggests the scheme to solve the quality problems of bunker supplying procedure, and develop solution toward advanced bunkering ports through removal of the quantity disputes. Concretely, this paper suggests introduction of quality system of bunker supply chain in the aspect of bunker supply procedure, and diversion from conventional sounding method to innovative Mass Flow Metering System in the aspect of bunker measuring. These two innovative solutions contribute to the removal and improvement of current structural problems in bunkering procedure.

Key words: QUALITY OF BUNKER, BUNKER MANAGEMENT SYSTEM, BUNKER SUPPLY CHAIN, MASS FLOW METER, MFM SYSTEM

▷ 논문접수: 2022. 05. 12. ▷ 심사완료: 2022. 06. 29. ▷ 게재확정: 2022. 06. 29.

* 『이 논문은 2022년 (재)양현의 학술기반조성비 지원을 받아 수행된 연구임』

** 한국해양수산개발원 명예연구위원, htkim@kmi.re.kr

I. 서론

병커링은 선박의 엔진에 연료를 공급하는 것이므로 정품을 공급하는 것이 매우 중요하다. 이에 따라 병커를 공급받는 선박은 품질검사를 하여 이상이 없다는 것을 확인한 후 연료로 사용한다. 아울러 연료비는 선박의 운항비 중 50% 이상을 점할 정도로 선박 운항에 미치는 영향이 지대하다. 따라서 선박은 병커량을 정확하게 공급받는 것이 매우 중요하다. 이와 같이 병커의 정품 및 정량은 선박운항에 있어서 핵심적인 요인이므로, 정품과 정량을 확보하는 것은 매우 중요하다.

그런데 우리나라 항만의 경우 병커의 품질은 우수한 것으로 평가받고 있으나, 병커공급 과정의 품질은 보장되지 않고 있다. 아울러 병커량은 정확성이 매우 떨어진다는 평가를 받고 있다. 정유회사의 터미널에서 출하한 물량이 그대로 선박에 공급되지 않고, 일부는 급유바지에 남아 시중에서 유통·거래된다¹⁾고 지적되고 있다.

이러한 현상은 국제 허브 역할을 수행하고 있는 우리나라 항만의 위상을 추락시키는 요인으로 작용하고 있다. 정부도 종래 이 문제는 민간사업자의 상거래 행위로 인식하여 관여해야 할 일은 아니라는 입장을 견지해왔다. 그러다 최근 들어와 수량 문제의 해결을 위해 관심을 보이고 있다.

그런데 정부가 이 문제에 관심을 보이고는 있으나, 아직 정확한 개선방안을 제시하고 있지 못한 상황이다. 이에 따라 본 고에서는 정부가 취해야 할 개선방안을 제시하여 정책에 반영하도록 하는 내용을 강구·제시하고자 한다. 특히 구체적인 실행방안을 중심으로 제시하는 것이 연구의 목적이다.

II. 선행연구

1. 병커링의 중요성²⁾

이 연구는 ① 병커 구매시 고려할 요소 및 유의점, ② 병커링시 수반되는 문제와 해결방법, ③ 병커 구매시 국내와 해외와의 차이점 규명에 취지를 두고 있다.

분석결과 ① 국내에서는 선사들이 정유회사와 장기계약을 통하여 병커를 구매하고 있고 대체로 정량을 적기에 보급받고 있으며, 연료유의 품질도 좋음을 밝히고 있다. ② 병커공급 시에는 여러 요인으로 인해 공급회사별로 공급량에 큰 차이가 나타남을 밝히고 있다. ③ 병커링시 수반되는 문제는 대체로 병커 품질의 조약, 보급량 차이, 지연보급 등 3가지로 구분하였다. 그런데 공급물량의 차이나 공급지연 사유가 발생해도 당사자간 귀책사유가 명확하여 해결에 큰 어려움은 없다고 밝히고 있다. 그러나 이 연구는 병커의 정품·정량 이슈에 대해서는 거의 언급하지 않고 있다.

2. 급유선 적정 운송료 산정을 위한 연구용역³⁾

이 연구는 급유바지 운항 원가분석을 통하여 경영안정화를 도모할 수 있는 적정 운송료 산정과 선박 급유 시장의 제도 정비 방안 제시에 취지를 두고 있다.

분석결과 ① 병커 운송계약 체계와 관련하여 4대 정유회사에서 정제 또는 수입한 물량을 저유소로 수송·저장하고, 병커는 정유회사 → 대리점 → 선박연료공급업자(바지 소유·운영자)로 하도급하는 단계적 판매구조임을 밝히고 있다. ② 병커 유통체계와 관련하여 정유회사는 대리점에 일정 자격조건을 제시하고 독점 계약하고 있음을 밝히고 있다. 특히, 선

1) 한국해운조합·한국해양대(2015), p.276.

2) 김성일(1995)

3) 한국해운조합·한국해양대(2015)

박연료공급업자는 물량을 배정받기 위해 손해를 감수하는 상황이며, 낮은 운송료 문제에 직면하여, 잔존유 불법유통 등 사회적 문제가 야기되고 있음을 밝히고 있다. ③ 선박급유 품질관리 제도에 있어서는 체계적인 지침 부재, 수량에 관한 분쟁으로서는 급유선주가 적정 운송료를 지급받지 못하여, 고육지책으로 연료를 도유하여 불법유통시키는 사례가 빈번함을 밝히고 있다. ④ 벙커 운송체제와 관련하여 정유회사의 우월적 지위 남용을 통한 일방적 운송료 책정으로 인한 선박연료유 불법유통을 지적하고 있다. ⑤ 이에 대한 정책방안으로서 대리점과 급유선주간 업무영역구분 명확화, 벙커의 품질기준에 대한 통일 지침의 법제화, 수량분쟁 해결을 위한 flowmeter 도입 강제화를 제시하고 있다.

이 연구는 본 연구에 주는 시사점이 많기는 하지만, 품질 및 수량 분쟁의 해결방안으로 질량유량계의 도입 중요성에 대한 언급이 부족하다.

3. 선박급유업 선진화 방안 연구⁴⁾

이 연구는 급유산업의 경영안정화 및 항만경쟁력 강화를 위해 적정 운송료 산정과 선박급유시장의 제도정비방안 강구에 취지를 두고 있다.

분석결과 ① 선박급유업 관련 각종 분류로 인한 항만운영리스크 증대로 항만경쟁력 약화가 초래되므로 선박급유 원가분석을 통해 정유회사 및 급유업체 간 운송료 협상자료를 제시하였다. ② 분류의 종식 및 항만경쟁력 제고에 기여할 수 있도록 제도적 개선방안 및 표준계약서를 마련하였다. 그러나 이 연구는 급유원가분석에 치중하여 벙커의 품질문제는 언급하고 있지 않다.

4. 선박급유업의 법 제도적 개선방안에 관한 연구⁵⁾

이 연구는 선박급유업의 문제점을 진단하고, 법·제도 개선을 통하여 항만경쟁력 제고 차원에서 선박급유업의 시장안정화 및 중장기 발전을 위해 각 주체별 전략 도출에 취지를 두고 있다.

분석결과 ① MARPOL73/78협약 부속서 IV장 제18규칙에서는 벙커의 품질에 관한 최소한의 요건들(샘플링 방법, 샘플의 보관방법, 보관장소, 밀봉방법 등)에 대하여 규정하고 있음을 밝히고 있다. ② 벙커공급서의 기능과 특징 등에 대해 언급하였다. ③ '석유 및석유대체연료사업법'은 석유제품의 품질기준, 품질검사 및 검사기관 등에 관하여 규정하고 있으며, '해양환경관리법'은 선박급유업자 및 선주가 벙커인수도증(Bunker Delivery Note : BDN)을 확인하고 보관하도록 규정하고 있음을 밝히고 있다. ④ 싱가포르의 벙커 품질관리에 관한 규정(SS524/2014)을 참조하여 국내 벙커 수급에 관한 지침의 일원화를 주장하였다. 그러나 이 연구는 벙커 정품관리에 대한 내용이 부족하다.

5. 여타 선행연구

塩見友康·矢倉裕士⁶⁾는 선박용 연료유량계의 원리, 특장(特長) 및 사용사례를 분석하였다. 분석결과 연료유량계의 특장으로는 1) 압력손실이 적고, 2) 고장시에도 유체의 공급이 중단되지 않으며, 3) 분해 및 세정이 용이하다고 하였다. 특히 코리오리식 질량유량계의 특장으로는 1) 유체의 질량을 높은 정밀도로 직접 계측할 수 있고, 2) 밀도 및 온도를 계측할 수 있으며, 3) 원리적으로 점도나 밀도의 영향을 받지 않고, 4) 접액부(接液部)에 가동부(可動部)가 없어 내구성이 뛰어나다는 점을 밝히고 있다. 그러나 이 연구는 질량유량계의 기술적 특성 분석에 치중하나 머지 벙커산업계에 미치는 영향이나 사회적 관계 등

4) 해양수산부·한국해양대(2017)

5) 안기명·이상일·배후석(2017)

6) 塩見友康·矢倉裕士(2017)

에 대해서는 한계를 갖는다.

Thorstein Franche, 吉原正志⁷⁾는 선박용 연료소비가 CO2 발생에 직접적인 영향을 미치기 때문에 연료 소비의 정확한 측정 필요성과 질량계측의 필요성에 대해 분석하였다. 분석결과 질량계측의 특징으로서는 ① 측정정밀도가 매우 높고, 질량을 직접 측정하기 위해 온도·밀도·부피를 계산할 필요가 없다고 하였다. ② 연소는 질량균형에 의해 이루어지는 것이므로 연료계측을 위한 CO2 계산은 높은 수준의 신뢰성을 가질 수 있음을 언급하였다. 특히 연료계측을 정밀도가 높은 코리올리식 질량유량계와 함께 사용하면, 일정시간 또는 일정간격으로 연료소비나 병커링 모니터링을 행할 수 있다고 하였다. 그러나 이 연구는 질량계측의 특성 분석에 치중되어 병커산업계에 대한 분석에 대해서는 한계를 갖는다.

Kaivan H. Chinoy⁸⁾는 질량유량계 기술이 병커관련 부정행위에 대한 완전한 Solution으로 간주하기에는 리스크가 있다는 취지에 분석의 초점을 두었다. 그는 싱가포르의 사례 분석을 통하여 악질적인 병커 공급업자는 질량유량계를 충분히 악용할 수 있으며, 그것은 배관 배치의 부정확한 접속, 제조, 삽입 등에 의해 발생한다고 하였다. 그는 이를 방지하기 위한 조치로서 ① 문서, 봉인, 출력물의 검증과 데이터 수집 및 절차, ② 일어나는 모든 사건과 상황을 이해관계자 모두에게 실시간으로 보고하고, ③ 적절한 샘플링과 보관을 언급하였다. 아울러 이를 종합적으로 행할 수 있는 유능한 surveyor의 기용이 매우 중요함을 강조하였다. 그러나 이 분석은 질량유량계의 악용 가능성과 방지에 중점을 두고 있는 반면 병커 산업 및 병커품질 등에 대한 분석이 미흡하다.

5. 선행연구와의 차별성

국의 선행연구의 대부분은 질량유량계의 기술적 특징, 질량의 직접계측에 따른 메리트, 질량유량계의 악용 방법 등 기술적 분석에 한정하고 있으며, 그것이 병커산업계에 미치는 경제적·사회적 효과나 의미에 대해서는 언급이 미흡하다.

이에 반해 국내 선행연구의 대부분은 급유바지의 운송료 인상률과 관련되어 있다. 물론 일부 선행연구는 정품·정량 문제에 대해 언급하고는 있다. 그러나 연구의 포인트는 정품·정량에 있는 것이 아니라 적절한 운송료를 수령하고 있지 못한 원인 규명과 그에 대한 대책 등에 주력하고 있다. 이 부분이 국내 선행연구와 본 연구간에 차별화되는 주요 포인트라고 할 수 있다. 즉 본 연구에서는 우리나라 병커링의 품질문제를 집중적으로 분석한다. 특히 정품·정량 관련 현황 및 문제점을 병커링 현장 분석을 통해 실제로 확인·분석하고 이와 관련된 법·제도의 현황과 문제점을 분석하며, 해결을 위한 실행방안(Action Plan) 강구에 초점을 두고 있다. 이를 위해 싱가포르의 사례를 집중 분석하고 있다. 이것이 선행연구와 본 연구가 갖는 차별성이라고 할 수 있다.

III. 우리나라 항만의 병커링 품질관리 현황과 문제점

1. 병커링 절차의 현황

1) 병커링 절차

국내항만에서의 병커링 품질관리 현황을 파악하기 위해서는 그에 앞서 병커링 절차의 현황을 먼저 살펴볼 필요가 있다. 현재 국내항만에서의 병커링 절차는 다음과 같다. 즉 병커의 Seller(대부분 정유회사)와 Buyer(선박)간의 구매계약에 따라 정유회사는 선사에게 병커를 배송한다. 그런데 실제로는 Seller(정유

7) Thorstein Franche, 吉原正志(2018)

8) Kaivan H. Chinoy(2017)

회사가 직접 병커를 배송하지 않고, 대리점을 경유하여 선박연료공급업자를 활용하여 배송하고 있다. 선박연료공급업자는 병커바지의 운항사업자로서 정유회사의 저유기지에서 병커를 자기 소유의 병커바지에 공급받아 해상에 정박 또는 부두에 접안 중인 선박으로 이동하여 병커를 보급한다. 즉 선박연료공급업자는 정유회사와 선시간에 병커를 배송하는 중간배송업자의 역할을 수행한다. 이에 따라 이들은 실제로 '병커공급업'을 수행하는 사업자는 아닌 것이다. 그럼에도 불구하고 '선박연료공급업자'로 불리는 이유는 '항만운송사업법'에서 이들을 '선박연료공급업자'로 규정하고 있기 때문이다. 따라서 항만운송사업법에 규정된 '선박연료공급업자'는 '선박연료배송업자'로 표현해야 합당한 것이다. 그러나 법률에 이와 같이 규정되어 있기 때문에 여기에서도 선박연료공급업자는 Seller로부터 병커배송을 의뢰받아 배송하는 역할을 수행하는 사업자로 지칭하고자 한다.

2) 품질확보 현황

(1) 정품보증 절차

국내항만의 병커공급과정에서 정품을 보증하기 위해 현재 행해지고 있는 절차는 다음과 같다.

첫째, 품질보증서 수령 및 전달. Seller는 자신이 판매하는 병커가, 선사가 요구하는 사양에 적합함을 보증하는 품질보증서 또는 품질적합서를 선사의 요구서 발급한다. 이 증서를 전달받는 선사는 품질에 대한 신뢰성을 가지게 된다.

둘째, 저유기지에서 급유바지에 병커를 선적하는 과정에서 행하는 샘플링. 샘플링은 정유회사가 본선에 병커공급이 이루어진 이후 품질 검사를 위해 급유바지에 병커 선적시 채취하며, 저유기지에 보관해 둔다.

셋째, 급유바지와 본선에서 이루어지는 샘플링. 본선은 필요시에 Seller로부터 품질적합서를 수령하지만, 병커공급과정에서도 품질에 문제가 발생할 경우도 있기 때문에 궁극적으로 병커를 보급받는 과정에

서 샘플을 채취하고 병커를 사용하기 직전에 검사기관에 검사를 위탁한다. 그리고 검사기관으로부터 적합하다는 회신을 받은 후에 해당 병커를 사용하게 된다.

(2) 수량 보증 절차

일반적으로 병커 공급시 수량 확인은 다음의 두 방식으로 이루어진다.

첫째는 질량유량계(Mass Flow Meter : MFM)로 측정하는 방식. 질량유량계는 계량기 기능을 하는 계측기기로서 급유바지가 본선에 병커 선적시 선적한 만큼의 수량이 자동으로 표시된다. 그후 공급량을 선사가 수령했음을 증명하는 병커인수도증(BDN)에 서명한다. 그런데 우리나라에서는 이 방식이 거의 활용되지 않고 있다.

둘째는 사운드링(sounding) 방식. 사운드링 방식은 수동으로 수량을 측정하는 방식이다. 급유바지의 탱크에 줄자를 집어넣어 바닥에서 병커 표면까지의 높이를 계산하면 부피가 산출된다. 산출된 부피를 질량 환산표를 이용하여 질량으로 산출한다. 이렇게 산출된 수치를 공급량으로 기록하는 방식이다. 그런데 사운드링은 급유바지와 본선 쌍방을 대상으로 이루어진다. 급유바지는 저유기지에서 공급받은 병커를 온전히 본선에 건네주었다는 관점에서, 본선은 병커바지에서 보급받은 수량을 정확하게 보급받았음을 측정하는 차원에서 이루어진다. 그런데 사운드링 방식은 계량기와 같은 자동측정방식이 아니라 사람에 의한 수동측정방식이다. 이에 따라 급유바지나 본선 중 흔들림이 있을 경우 병커량을 정확하게 측정하지 못하게 되는 문제가 발생한다. 두 선박 모두에 흔들림이 전혀 없다 하더라도 측정과정에서 오차가 발생할 수 있는데, 파도치는 해상에서의 측정이 완벽하게 이루어지기는 어렵다. 이에 따라 급유바지에서 측정한 수량과 본선에서 측정한 수량간에 차이가 발생하기도 한다. 이 경우에는 차이가 발생한 원인규명을 하게 되고, 사운드링을 수차례 반복하는 일조차 흔하게 이루어진다.

이러한 두 가지 이유로 인해 국내에서는 수량보증이 제대로 이루어지지 않는다. 따라서 벙커링 산업계에서는 일정한 수준 이내의 오차를 정도에 머무는 경우 정량이 공급되었음을 허용하는 체제가 관행으로 인정되고 있다.

3) 정품관리 현황

(1) 항만당국 및 정부기관

위에서 살펴본 바와 같이 벙커의 품질과 수량은 거래 당사자간의 계약관계에 의해 결정된다고 할 수 있다. 그런데 정부는 석유류의 품질이 청정 대기질 조성에 직접적인 영향을 미치는 것으로 간주하여 품질검사를 통과한 석유류만 유통되도록 규제하고 있다. 정부의 벙커품질에 대한 규제는 다음의 두 법률에 의해 관리되고 있다.

하나는 '석유및 석유대체연료사업법'에 의한 규제로서 국내에 유통되는 유류제품은 반드시 품질검사를 통과하여 적합한 제품만 유통시키고 있다.

다른 하나는 '해양환경관리법'에 의한 규제로서 선박연료공급업자는 황함유량이 일정범위 이내인 석유제품만 본선에 공급하도록 규제하고 있다.

4) 수량관리현황

위와 같이 벙커를 포함한 유류제품에 대한 품질에 대해 정부는 상기 두 법률을 통해 관리하고는 있으나, 수량에 대한 관리는 사업자간의 문제로 인식하여 전혀 개입하거나 관리하고 있지 않다. 이는 순전히 상업적인 차원의 문제로만 인식하여 정부가 개입하고 있지 않는 것이다.

2. 벙커링 품질관리 문제점

1) 정품관리상의 문제점

위에서 살펴본 바와 같이 정부가 유류제품에 관한 품질관리를 행하고 있음에도 불구하고 정품 관련해서는 다음과 같은 문제가 발생하고 있다.

첫째, 외항선에 대한 벙커링은 수출용이고 국내 유통용이 아니므로 품질검사 의무화에서 제외하고 있다. 그로 인해 해당 벙커가 품질에 적합한 것인지 아닌지를 보증할 수 없다. 물론 선박은 Seller인 정유회사에 품질확인서 발급을 요구할 수는 있으나, 발급을 요청하는 선사는 거의 없는 상태이다. 따라서 정부는 황함유량에 국한하여 관리하고는 있으나, 그 이외 요소(밀도, 온도, 점도, 인화점 등)에 대해서는 확인하고 있지 않은 상태이다.

둘째, 급유바지의 운송과정에서 품질이 변할 수 있다. 저유기지에 저장 중인 벙커가 정품상태로 급유바지에 적재된다 하더라도 해당 바지가 본선까지 이동하는 과정에서 정품상태가 유지되지 않을 가능성도 충분히 있는 것이다. 따라서 본선에 공급되는 벙커의 품질에 문제가 발생할 수 있는 것이다. 즉 벙커의 출하, 운반, 공급 과정의 품질관리는 전혀 이루어지고 있지 않다.

2) 수량관리상의 문제점

수량에 대해서도 국내에서는 현재 사운딩 방식에만 의존하고 있으며 사운딩을 객관성 있게 행하기 위해 공인 검량사(surveyor)를 활용하기도 한다. 그런데 아무리 숙련도가 높은 surveyor라고 해도 수동으로 행하는 측정인 만큼 기상, 해상(海象) 조건에 따라 오차가 발생할 수 있는 것이 오히려 흔한 상황이다.

그런데 오늘날에는 벙커의 정확한 수량을 자동계측할 수 있는 계측기기가 개발되어 있다. '질량유량계'(Mass Flow Meter : MFM)가 바로 이것이다. 그런데 질량유량계는 벙커링 용도로 국내에서는 거의 사용하고 있지 않다. 그 이유는 구매·설치비용이 고액이기 때문이다. 그 결과 사운딩 방식보다 훨씬 정확한 질량유량계가 판매되고 있음에도 불구하고, 재래식 사운딩 방식만 활용되고 있는 것이다.

사운딩 방식은 사람에 의한 측정방식이므로 정확도가 떨어지며, 조작도 가능하다. surveyor를 활용하

도 그러하다. 그러므로 발생하는 수량분쟁의 빈도를 감안하면 오히려 정확도가 높은 질량유량계를 활용하는 방식으로 전환할 필요가 있다.

위와 같은 벙커링 품질 및 수량관리측면의 현황과 문제점을 요약하면 <표 1>과 같다.

표 1. 국내항만에서의 벙커링 현황과 문제점

구분	현황	문제점
정품관리	<ul style="list-style-type: none"> - 벙커품질보증서를 선사에 발급 - 샘플 채취, 보관 및 검사 실시 - 불량 벙커 제품의 본선공급을 금지 	<ul style="list-style-type: none"> - 외항선에 대한 품질검사 의무화 제외 - 벙커의 출하, 운반, 공급과정의 품질관리부재
수량관리	<ul style="list-style-type: none"> - 사운딩 방식으로 공급량 측정 - 수량측정의 정확성 도모 위해 벙커 - surveyor 활용 사례 빈번 	<ul style="list-style-type: none"> - 사운딩 방식의 비정확성 - 수량관리에 대한 정부의 미개입 - 수량분쟁 빈발

자료 : 저자작성

IV. 싱가포르항 사례 분석

1. 정품관리 현황

싱가포르는 우리나라와 시스템이 상이한 점이 많다. 이러한 상이점으로 인해 벙커링 품질관리 제도를 도입하게 되었다. 싱가포르가 우리나라와 상이한 대표적인 여건은 자국에서 제조하는 물량보다 전세계에서 유통되는 석유제품을 수입·판매하는 물량이 훨씬 많다는 점이다. 아울러 각종 수입물량을 브랜딩하여 선박에 공급하므로 품질여부를 확인하기가 곤란했다. 이로 인해 품질문제가 종종 발생해왔다.

이 문제를 해결하여 벙커품질을 보증할 수 있도록 하기 위해 벙커 공급망에 있어서의 품질관리 제도를 도입하였다. ‘벙커공급망에 있어서의 품질관리 제도’란 유류의 수입 및 저장, 벙커의 급유바지로의 선적, 운반 및 공급 과정에 이르는 전체 벙커공급과정에 있어서의 ‘공급망’ 품질을 보증하는 제도를 의미한다. 이를 위해 수입유류의 저장시에는 품질검사를 실시하여 적합한 품질이 준수되도록 유도하고, 급유선으로 벙커의 선적, 운반 및 본선에 대한 공급과정에서는 품질이 손상되지 않도록 하는 것이다. 말하자면

벙커의 각 공급 단계별로 정부가 모두 체크하고 관리하는 제도로서 벙커의 품질이 완벽하게 보증될 수 있도록 하는 것을 의미한다. 이 제도는 2013년도에 도입되었다.

2. 수량관리 현황

벙커수량과 관련하여 싱가포르에서는 종래 seller와 buyer간에 분쟁이 매우 빈번했다. 이렇게 빈번한 분쟁은 항만당국에 신고되고, 싱가포르해사법원에도 제소되었다. 그리하여 이 문제를 방지하면 벙커허브 항만으로서의 신뢰성 확보나 위상유지가 곤란하다고 판단한 싱가포르항만당국(Maritime & Port Authority : MPA)은 관계기관 및 벙커산업계와 공동으로 워킹그룹을 결성하여 개선방안을 강구하였다. 개선방안으로 최종 도입한 제도는 당시 이미 개발되어 운용되고 있던 질량유량계(MFM)의 의무적 장착이었다. 증유를 대상으로 먼저 스타트 한 이 제도는 2017년 1월 1일에 도입되었고, 가스오일(Marine Gas Oil : MGO)에 대해서는 2019년 7월 1일에 확대되었다. 물론 도입에 이의를 제기하는 사업자들도 많았고, 또한 새로운 제도가 정상적으로 기능하지 않도록 하는 방

해행위도 많았지만, MPA는 이를 모두 극복하고 제도를 관철하였다. 이에 따라 종래의 사운딩에 의한 수량측정 방식은 사라지고, MFM 시스템에 의한 자동계측방식으로 전환되었다. 이로써 혁신적인 개선 조치가 취해진 것이다.

3. 특징 및 시사점

1) 특징

싱가포르가 행한 MFM 시스템으로의 전환은 다음과 같은 특징을 가진다.

첫째, MFM 시스템의 과감한 도입. MFM 시스템을 구매하고 설치하는 데에는 약 10만USD가 소요되었기 때문에 벙커산업계에서는 큰 부담으로 작용했다. 그러나 MPA는 고가의 비용이 소요되지만, 분쟁을 제거하고, 당시까지 벙커공급량을 부정확하게 공급하여 이익을 남기는 부조리한 관행을 청산하려는 차원에서 약 50%에 이르는 지원을 하면서 MFM 시스템 도입을 감행하였다.

둘째, MFM 시스템 도입의 성공적 안착을 위한 엄격한 관리제도 실시. 싱가포르에서는 벙커공급업자(bunker supplier)를 등록제로 유지해 왔다. 그런데 엄격한 관리제도를 실시하기 위해서는 등록제로는 곤란하다는 인식을 하여 면허제도로 전환하였다. bunker supplier에 대한 면허기준으로서는 1) 자본금 50만SD(약 4.5억원), 2) 급유바지에 MFM 시스템의 설치, 3) 특정 평가기준에 의한 bunker supplier들의 평가와 일정수준 이상의 점수 획득요구이었다. 아울러 bunker supplier의 등록은 매년 갱신제도를 실시하였다.

셋째, 개혁과제로서 MFM 시스템 도입. 당시 이 제도의 도입에 대해 반대자들이 적지 않았다. 반면 제도 전환에 따르기는 했으나, MFM 시스템이 정상적으로 가동하지 않도록 하기 위해 여러 가지 불법행위⁹⁾를 하는 사업자들도 나타났다. 그러나 MPA는

9) MFM에 자석을 갖다 대고 세공하는 행위가 대표적이었음

이러한 반대자들에 대해서는 사업면허를 중지하고, 불법행위를 한 자들에 대해서는 벌금형, 실형, 면허취소 등을 강력하게 실시하였다. 이러한 엄격한 조치로 제도가 안착되었고, 오늘날에는 MFM 시스템으로의 이행에 대해 대부분 좋은 평가를 내리고 있다.

넷째, 다수 기관의 참여에 의한 추진의 원활화. 이 제도의 도입은 MPA가 주도하기는 했으나, 단순히 MPA의 독력으로 추진된 것은 아니었다. MPA는 MFM 시스템의 도입에 앞서 해당 시스템의 완벽성을 테스트할 필요가 있었고, 또한 산업계의 반대에 직면할 것으로 예측했기 때문에 이해관계의 조정 등을 위해 다양한 공공기관과 민간의 참여를 유도했다. 참가한 기관으로서의 계량관계의 국가 전문기관인 SPRING Singapore¹⁰⁾, 국가계량센터(National Metrology Center)¹¹⁾, 민간기관으로서의 bunker supplier, 급유바지운영사¹²⁾, surveyor, 선사, MFM

10) SPRING Singapore는 표준·생산성·혁신 위원회로서 싱가포르 무역산업부 산하의 법정기관. 업무는 자국기업의 시장경쟁력 제고를 지원하는데 있음. SPRING Singapore의 사명은 「싱가포르 기업의 성장을 지원하고, 싱가포르의 제품과 서비스에 대한 신뢰를 쌓는」 것에 두고 있음

11) 국립계량센터(National Metrology Centre : NMC)는 혁신적이고 경쟁력 있는 경제건설을 목표로 첨단계측과학을 연구하는 싱가포르 국립연구기관. NMC는 주로 계측과 관련된 R&D 사업을 추진하고 있음. 다방면의 과학·기술팀으로 구성되어 있는 NMC는 싱가포르에서 가장 정확한 수준의 계측기준을 확립·유지하고 있으며, 계측에 관한 상호인증협정에 의해 세계적으로도 인정받고 있는 기관임. NMC의 계측능력은 여러 산업분야(항공, 전자, 제조, 의학, 바이오, 오일·가스, 분야)에서 싱가포르 기업을 지원하고 있음. NMC가 제공하는 높은 계측 및 기준의 정확도는 공정무역, 안전한 환경, 생산성, 고품질, 신뢰성 높은 제품생산을 촉진하고 있음. 아울러 싱가포르의 계측 기준을 개발·유지하고 있음

12) 싱가포르의 '벙커공급업자'(bunker supplier)는 우리나라의 '선박연료공급업자'와 상이함. 우리나라에서는 '선박연료공급업자'가 정유회사나 트레이더(Trader)로부터 위탁을 받아 벙커배송 업무만 수행하지만, 싱가포르에서의 '벙커공급업자'는 정유회사나 Trader 등으로서 벙커를 판매하고, 벙커바지를 소유하여 배송도 함께 담당함. 반면 싱가포르에서의 급유바지운영사업자(bunker craft operator)는 벙커공급업자의 의뢰를 받아 벙커배송을 행하는 사업자로서 우리나라의 '선박연료공급업자'에 해당함. 여기에서 사용하는 싱가포르의 벙커공급업자는 벙커판매·공급업자로 이

제조업자 등이었다. 이렇게 다수 기관의 참여를 통해 MFМ 도입절차의 정당성과 객관성을 확보하였다.

2) 시사점

싱가포르가 추진한 MFМ 시스템 도입사례로부터 획득할 수 있는 시사점은 다음과 같다.

첫째, 장기계획 수립을 통한 추진. 싱가포르에서는 제도개선의 필요성을 인식하고, 이를 추진할 워킹그룹을 구성, 협의를 개시한 이후 MFМ 시스템 장착의 의무화에 이르기까지 9년 정도가 소요되었다. 이 기간 중 충분한 협의, MFМ 시스템의 완전성 여부 테스트, 수많은 실증실험, MFМ 시스템의 도입절차와 승인제도 등을 면밀하게 검토하였다. 아울러 이와 관련된 각종 기술적 요건 검토 및 규정의 법제화 등도 실시하였다. 법적인 관련 기준 건수도 다수에 이른다. 이러한 조치들을 완벽하게 마련한 후 실행단계로 전환하였기 때문에 거의 완벽하게 실행할 수 있었다. 단기적인 효과 획득에 치중하는 경향이 높은 우리나라는 이러한 점을 충분히 감안할 필요가 있다.

둘째, 규제기능 도입. MFМ 시스템의 의무화를 통한 제도 전환은 민간기업에게는 규제의 강화를 의미했다. 그런데 종래에는 규제가 거의 없는 상황이었기 때문에 품질 및 수량 문제가 일상화되어, 병커허브향으로서의 신뢰와 위상이 추락하고, 산업계에 부정부패가 만연하였기 때문에 이를 해소하기 위해서는 규제의 강화가 필수불가결 하였다. 그 후 규제강화를 통해 궁극적으로 부정부패는 대폭 개선되고, 분쟁 건수 또한 대폭 감소하였으며, 산업계 모두 새로운 제도로의 이행에 대해 매우 좋은 평가를 내리고 있다.

셋째, 이해관계자 참여 통한 추진. 전술한 바와 같이 새로운 제도로의 전환을 정당화하고, 원활하게 추진하기 위해서는 산업계의 참여를 통한 추진이 불가피했다. 또한 워킹그룹은 만장일치 의사결정방식을 활용했고, 이해관계를 모두 개진하도록 하고 이에 대해 충분히 논의하여 모두가 찬동하는 방식으로 실행

하여 성공을 유도하였다.

넷째, 관련 규제의 법제화. 병커링 관련 기술기준으로서 싱가포르 국가기술표준(Singapore Standard : SS)과 기술부속서(Technical Reference : TR)가 있는데 이를 법제화하였다. SS에는 SS524, SS600, SS648, TR에는 TR48, TR80 등의 기술표준을 계속 제작·공표하였다. 아울러 '병커 supply chain의 품질관리시스템'도 마련하였다. 이와 같이 끊임없이 기술기준을 새롭게 개발하여 산업계가 편리하게 활용할 수 있도록 하였다.

다섯째, 제재와 지원의 양면 전략 추진. MPA는 MFМ 시스템으로의 이행에 저항하는 수 개 사업자에 대해 사업면허를 취소하였고, MFМ의 정상적인 작동을 위협하는 자들에 대해서는 벌금, 실행 조치를 과감하게 취했다. 그러면서도 또 다른 한편으로는 MFМ 시스템의 도입에 대해 50%를 지원하는 등의 조치도 실행하였다.

여섯째, MFМ 시스템 도입의 제도기반 조성. MFМ 도입의 의무화는 2017년 1월 1일부터 시행되었으나, 그 수년 전부터 도입을 예고하고, 도입을 위한 각종 기반을 조성하였다. MFМ 시스템의 완전성을 테스트하고, 병커마지에 설치하여 선적과 공급을 수십 차례 실시하는 실증실험을 거쳤다. 이로써 사전에 안전하게 예고할 수 있었고, 산업계로 하여금 미리 준비할 수 있도록 하였다.

V. 우리나라 향만의 병커링 품질관리시스템 개선방안

1. 개선목표

우리나라의 병커링 시스템 개선방향과 목표를 나타내면 <그림 1>과 같다.

그림 1. 우리나라의 벙커링 시스템 개선방향과 개선목표

비전	동아시아 벙커링 거점항만으로 도약/ 벙커링 선진항만으로 도약		
	↑	↑	↑
목표	투명성·신뢰성·생산성 높은 고품질 벙커 공급체계 구축		
	↑		↑
추진방향	정품제도 강화	정량공급 제도 마련	효율적 공급체계 구축
	↑		↑
추진전략	벙커링 공급망의 품질관리체제 구축	질량유량계 도입 체제 구축	

자료 : 저자작성

2. 비전

비전으로서는 ‘동아시아 벙커링 거점항만으로 도약 및 벙커링 선진항만으로 도약’을 제시하였다. 여기에서 ‘벙커링 선진항만’이란 다음을 의미한다.

첫째, 벙커링과 관련된 정당하지 못한 거래행위를 모두 제거하여 투명하고, 신뢰성 높은 거래 체제를 구축하는 것이다. 구체적으로는 벙커링 과정에서의 품질문제나 수량부족 문제, 도유문제 등을 완전히 제거하여 국내외에서 높게 평가받을 수 있는 고품질 항만으로 발돋움하는 것이다.

둘째, 벙커링 관련 경쟁항만, 경쟁국가에 비해 앞서가고, 표준이 될 수 있는 기준의 수립을 의미한다. 이러한 기준을 설정하고 구축함으로써 경쟁항만이 벙커링 선진국 한국으로부터 배울 수 있도록 앞서나가는 것이다. 싱가포르의 과거 벙커링 품질과 수량 문제로 악평이 높았다. 오로지 지정학적 위치를 활용한 저가 경쟁력으로 벙커허브국가로 부상했다. 그러나 가격경쟁력만으로는 벙커링 허브로 도약하기는 곤란하다고 인식, 좋지 않은 거래관행으로부터 벗어나기 위한 노력을 개시하였고, 그 시도는 오늘날 성공하였다. 우리나라도 싱가포르와 같은 과정을 겪어 나가면서 선진 벙커링 항만을 구축해야 한다.

셋째, 지속가능한 벙커링 항만으로 거듭나야 한다. ‘지속가능한 벙커링 항만’이란 벙커링과 관련된 모든

이해관계자가 상호 부담과 피해를 주지 않고, 모두가 함께 이익을 주고 받으며 성장할 수 있는 체제의 구축을 의미한다.

넷째, 벙커링 선진항만이란 벙커판매량 대국만을 의미하는 것은 아니다. 벙커판매량 대국은 벙커링 선진항만이 될 수 있는 조건의 하나이기는 하지만, ‘벙커판매량대국=벙커선진국’의 관계는 성립하지 않을 수도 있다. 벙커링 선진항만이란 벙커링과 관련된 품질, 수량, 가격, 기술, 서비스, 거래 등의 전반적인 내용이 정당하고 투명하게 이루어지는 체제가 갖추어진 항만을 의미한다.

3. 달성목표

위와 같은 비전하에 달성해야 할 목표는 투명성·신뢰성·생산성 높은 고품질 벙커 공급체계의 구축에 두었다. 여기에서 ‘투명성·신뢰성이 높다’는 것은 벙커링 공급과 관련된 거래나 행위가 누구에게 공개되더라도 떳떳하고 정당하기 때문에 누구나 신뢰도를 갖고 벙커거래를 할 수 있는 환경이 형성됨을 의미한다. 또한 ‘생산성이 높다’는 것은 벙커링 과정에서의 비효율을 제거하여 최소의 자원을 투입, 최대의 효과를 획득할 수 있는 여건이 조성됨을 의미한다. 또한 ‘고품질 벙커공급체계’란 벙커 공급업자의 주관적 이익에 매몰되어 어떠한 수단과 방법을 가리지

않고 벙커를 공급·판매하는 것이 아니라, 고객을 비롯한 타인을 배려하고, 타인의 이익을 존중하는 방식의 벙커공급 체계를 갖추는 것을 의미한다.

이러한 체계로 나아가는 것은 사실 마땅히 해야 하는 것이다. 그런데 우리 벙커링 산업계에서는 여태까지 당연히 행해져야 할 것들이 당연하게 행해지지 않았고, 정상적이어야 할 사항들이 비정상적으로 처리되어왔다. 이를 반성하여 향후에는 일반사회의 선진화 및 생산성 높은 수준에 따라갈 수 있도록 벙커링 산업에 있어서 모든 거래가 공정하고, 투명하며 효율적으로 이루어질 수 있는 방향으로 나아가야 한다.

4. 추진전략

1) 추진방향

위와 같은 비전과 목표를 달성하기 위한 추진방향은 1) 정품관리체계의 구축과 2) 정량관리체계의 구축 및 3) 효율적인 공급체계의 구축에 있다.

(1) 정품관리체계 구축

벙커고객이 가장 중시하는 것은 벙커의 품질 확보에 있다. 벙커의 품질이 확보되어야만 선박 기관의 작동이 순조롭고, 선박의 운항이 원활하게 이루어지기 때문이다. 따라서 벙커의 품질 문제는 선박에게 있어서 사활의 문제에 해당한다. 이에 따라 품질이 확인되지 않은 벙커를 보급한 경우 선박은 해당벙커를 곧바로 사용하지 않는다. 반드시 품질검사를 실시하여 적합하다는 결과를 확인한 이후에만 연료로 사용하는 것이다.

아울러 품질유지가 제대로 이루어지지 않는 항만에서는 항만당국이 직접 나서서 품질관리를 해야 한다. 항만당국이 직접 나설 필요가 있는 것은 ① 해당항만의 원활한 가동, ② 해당항만의 지명도 유지, ③ 품질 미확보로 인한 사회경제적 피해발생 등과 직결되기 때문이다. 우리나라는 다행히 여태까지 한 차례

도 디벙커 사례가 없다. ISO 9218에 따라 품질기준을 충족하는 벙커만 공급해왔고, seller인 정유회사가 국내에서 직접 제조하고 있기 때문에 품질분쟁이 발생한 사례도 거의 없다. 그러나 일부 제품은 수입으로 충당하고 있기 때문에 품질문제로 비화될 우려는 있다. 이에 따라 항만당국이 정품관리를 엄격히 해야 할 필요성이 있는 것이다.

(2) 정량관리체계 구축

국내에서는 벙커의 정품관리체계 구축보다 더욱 시급한 것이 정량관리체계의 구축이다. 그런데 선사들은 seller가 세관에 신고한 신고량으로 수령하기 때문에 수량에 대한 세관의 감시가 강화되어 있다고 판단하여 수량에 대해서는 크게 주의하고 있지 않다. 더구나 세관 신고량은 리터단위로 기재하고 있기 때문에 수량의 오차가 발생한다 하더라도 오차는 크지 않을 것으로 기대하고 있다. 그러나 세관 신고량을 공급 후에 수정하는 경우가 빈번하고, 세관 신고량과 본선에서 사운딩한 수량이 상이한 경우도 흔하다.

이에 따라 우리나라의 경우 앞장에서 살펴본 바와 같이 벙커수량 관리는 심각한 상태에 있다. 특히 도유현상은 고질적이고 구조적인 문제로서 반드시 해결해야 할 사안이다. 물론 이 현상을 순수하게 상업적인 차원의 문제로 인식하여, 항만당국이 개입해서는 안된다는 의견도 있을 수 있다. 그러나, 벙커산업계에서는 상당수가 이 문제에 대해 정부의 개입을 요구하고 있다. 이 문제를 방지할 경우 벙커산업계의 도덕성 하락, 질서 회복 곤란, 안전경시, 신규투자 곤란 등의 현상에 직면하게 되고 고객인 선사의 국내 벙커수요 감소, 항만이미지 악화, 항만의 발전저해 등의 문제에 직면하게 된다고 강조하고 있다. 따라서 이 문제를 해결하기 위해서는 항만당국이 직접 수량관리를 행하는 체제로 나아가야 한다.

(3) 효율적 공급체계의 구축

정량관리체계의 구축과 함께 조성되어야 하는 것

은 효율적이고 생산적인 공급체계이다. 그런데 현재는 병커량 확인을 위해 사운딩을 수차례 실행하는 경우가 빈번하다. 이는 시간 소모적이며, 매우 비효율적이다. 즉 정량관리체계와 효율적인 관리체계의 구축은 반드시 병행되어야만 소기의 목적을 달성할 수 있다. 예를 들어 수량의 정확한 측정이 곤란하여 수량 부족 문제가 분쟁으로 비화하여 그 원인규명에 상당한 시간이 소요되는 현상이 빈번하다. 또한 원인 규명을 통해 본선에 귀책사유가 있는 것으로 밝혀질 경우에는 급유업체로서는 무의미한 시간을 소모한 결과가 되며, 그 시간에 대한 대가도 받지 못한다. 따라서 이러한 무의미한 시간은 최소화시켜야 한다. 최소화시킬 수 있는 방법이 개발되어 있음에도 불구하고 이를 활용하지 못한다면 이처럼 어처구니 없는 일은 없을 것이다. 이에 따라 병커공급을 효율적으로 수행할 수 있는 다양한 방법을 강구·실행해야 한다.

2) 구체적인 추진전략

위와 같은 개선방향을 향해 추진해야 할 구체적인 추진전략으로 본 연구에서는 ① 병커링 공급망의 품질관리체계 구축과 ② 질량유량계측시스템 도입을 제안하고자 한다.

(1) 병커링 공급망의 품질관리체계 구축

① 추진방안

여기에서 ‘병커링 공급망’(bunkering supply chain)은 다음을 의미한다. 즉 병커는 정유회사에서 제조 후 저유기지에 저장하게 된다. 정유회사가 관리하는 저유기지에서는 병커의 품질이나 수량에 문제가 발생할 소지가 없다. 그런데 일단 병커공급을 위해 저유기지에서부터 급유바지선에 병커를 선적한 시점부터는 품질과 수량에 문제가 발생할 수 있다. 급유바지에 선적된 병커의 품질과 수량이 저유기지에 저장되어 있던 그대로 100% 본선에 공급된다는 보증이 없기 때문이다. 그 이유는 다음에 기인한다.

첫째, 바지의 구조에 문제가 있을 수 있다. 급유바

지에 이미 다른 기름이나 잔유물이 남아있을 수 있다. 이럴 경우 선적한 병커의 품질이 그대로 유지되지 않는다.

둘째, 급유바지의 탱크 및 배관구조에 문제가 있을 수 있다. 탱크나 배관구조가 누구라도 이해하기 쉬운 구조로 설계되어 있다면 문제가 없었으나, 매우 복잡한 구조로 되어 있으며, 확인하기 힘든 배관이나 탱크가 있다면 그리고 그 구조를 이해하고 있는 담당자만 작동이 가능하다면 품질과 수량을 충분히 조작할 수 있게 될 것이다.

셋째, 급유바지가 병커를 선적한 후 본선으로 향하는 이동과정을 실시간으로 확인하지 못하므로 이동과정에서 어떠한 일이 벌어지는지를 정확하게 알 수 없다.

이상과 같은 사유로 인해 급유바지가 본선에 병커를 공급할 시점에는 선적했을 때의 품질과 수량을 온전히 공급할 가능성이 100% 보장되지 않는다. 이와 같은 이유로 인해 저유기지에서 병커를 선적한 시점부터 본선에 공급하는 과정에 이르기까지의 공급망이 블랙박스 되어버릴 수 있는 것이다. 이에 따라 블랙박스로 되는 과정이 없도록 하는 것이 중요하다.

② 추진내용

병커 선적에서부터 병커공급에 이르기까지의 각 단계가 블랙박스로 되지 않도록 하기 위해서는 다음의 절차가 필요하다.

첫째, 급유바지로의 선적 과정에서 품질 유지 여부를 확인하기 위해 샘플을 채취해 두어야 한다.

둘째, 급유바지가 본선으로 이동하여 병커를 공급하기 전까지 탱크 및 밸브는 seal로 봉인해 두어야 한다.

셋째, 급유바지의 이동과정 및 본선에 대한 급유공급에 앞서 seal이 개봉되지 않았음이 확인되어야 한다.

넷째, seal이 개봉되지 않았을 경우에 한하여 seal

을 제거하고 본선에 병커를 공급해야 한다.

다섯째, 병커를 본선에 공급하는 중에 샘플을 채취해야 한다.

여섯째, 병커공급 완료 후에는 반드시 급유바지의 탱크를 비워야 한다.

이상의 조치가 취해지면 병커의 품질은 저유기지에서 보관상태에 있던 품질 그대로 공급시점에서도 보증된다고 할 수 있다. 이에 따라 이러한 일련의 품질보증 절차가 확보될 수 있도록 항만당국이 품질관리시스템을 구축해야 한다.

③ 항만당국의 품질관리 지침 마련 및 제공

위와 같은 조치를 직접 취해야 하는 당사자는 병커공급업자이다. 이에 따라 병커공급업자가 위의 내용을 실행할 수 있도록 항만당국은 지침을 제공할 필요가 있다.

④ 병커공급업자의 품질관리계획서 작성·제출, 승인

항만당국의 지침이 제시되면 병커공급업자는 이 지침대로 실행해야 한다. 그런데 지침의 내용을 수용하고, 실행하기 위한 담보가 필요하다. 이를 위해 위의 지침을 기준으로 병커공급업자는 품질관리계획서를 작성하고 이를 항만당국에 제출하도록 의무화할 필요가 있다. 이 때 품질관리계획서의 주요내용은 다음과 같아야 한다.

첫째, 선적 과정에서 품질 유지 여부를 확인하기 위한 샘플 채취 방법

둘째, 급유바지가 본선으로 이동하여 병커를 공급하기 전까지 탱크 및 밸브에 seal로 봉인하는 방법(seal 봉인 위치, 개소 등) 및 이동과정에서의 seal 손상 방지 계획

셋째, 본선으로 급유공급에 앞서 seal이 개봉되지 않았음을 확인할 수 있는 방법

넷째, 개봉되지 않은 seal을 제거하고 본선에 병커를 공급할 수 있는 방법

다섯째, 본선에 공급하는 병커의 품질에 이상이 없음을 증명하기 위한 조치

위와 같은 내용으로 작성되는 품질관리계획서가 항만당국에 제출되도록 의무화해야 한다. 다만, 품질계획서의 내용이 지침의 내용과 일치하는 경우에 한하여 그 내용을 인증하도록 한다. 인증기관은 항만당국 이외에 별도의 공공기관으로 설립하여 인증의 유효성과 신뢰성을 확보하도록 한다. 아울러 품질계획서를 제출하지 않는 선박연료공급업자에 대해서는 선박연료공급업 등록을 하지 못하도록 조치한다.

(2) 질량유량계측시스템¹³⁾ 도입

① 도입의 필요성

수량과 관련하여 가장 큰 문제점으로서 다음의 두 가지를 언급할 수 있다.

첫째, 병커공급대가는 병커의 '질량'을 기준으로 지급하는데 반해, 병커수량 측정은 '부피'단위로 행한다는 점이다. 즉 병커공급대가를 계산하는 단위와 병커량을 측정하는 단위가 상이하다. 이에 따라 측정은 부피단위로 행하고 그 후 질량단위로 환산하는 작업을 하게 된다. 현재의 수량 측정방법은 사운딩이라는 수작업으로 이루어진다. 그런데 문제는 측정방식에 있다. 병커의 부피는 동일하더라도 온도, 습도, 밀도, 공기주입정도 등에 따라 부피에 차이가 발생한다. 또한 탱크내에 있는 병커를 측정하는 것이므로 탱크의 기울기, 편편함 정도에 따라 계측치에 오차가 발생할 수 있다. 즉 파도에 따라 급유선의 기운 정도나 rolling 정도가 상이하므로 정확하게 측정하기는 매우 곤란하다. 따라서 이러한 외부적 영향을 받지 않고 가정에서 전기, 가스, 수도 사용량을 측정하는 계량기가 활용되고 있는 것과 동일하게 병커의 질량을 안정적으로 측정할 수 있는 장비가 개발되어 있다면

13) 질량유량계측시스템(Mass Flow Metering System)이란 질량유량계 뿐만 아니라 질량유량계가 작동되기 위한 전자·전자 기기, 각종 송신기, 압력계, 컴퓨터 등으로 구성되어 있음. 이에 따라 단순히 '질량유량계'라고 할 수는 없으며, '질량유량계측시스템'이라는 표현이 합당함

그것을 활용하는 것이야말로 최선의 측정방식이 될 수 있다.

둘째, 공급하는 수량에 문제가 발생할 경우 원인규명을 하게 되는데 여기에는 대개 수시간이 소요된다. 이 때에는 본선과 바지 양쪽에 사운딩을 계속하게 된다. 그런데 사운딩은 전술한 바와 같이 수동방식이고 병커의 온도, 밀도, 습도, 기포 함유량 등에 따라 상이한 측정결과가 도출된다. 따라서 계측에는 시간이 소요될 수 밖에 없다. 아울러 계측 결과 본선의 귀책사유로 밝혀지는 경우 원인규명시간이 바지업체에게는 비생산적인 시간으로 되어버린다. 이에 따라 이러한 불필요한 시간을 제거할 필요가 있으며, 이를 위해서는 병커량을 자동으로 측정하는 계측기를 활용해야 한다.

이러한 두 가지 문제점을 해결해 줄 수 있는 기술은 이미 개발되어 있다. 즉 질량을 직접 측정하고 더구나 신속하게 계측할 수 있는 장비가 개발·활용되고 있다. 그것이 바로 질량유량계이다. 특히 코리올리(Coriolis) 질량유량계는 병커의 질량을 매우 낮은 오차율로 측정할 수 있는 것으로 알려져 있다¹⁴⁾. 이에 따라 세계 주요 항만에서는 코리올리 질량유량계가 활용되고 있다. 이러한 점을 감안하여 우리나라도 질량유량계를 사용하여 수량 문제를 해소시켜 나가야 한다. 다만, 질량유량계는 고가라는 것이 설치에 최대의 장애요인이다. 이에 따라 업계의 저항이 심할 것으로 예상된다. 그 이유는 다음의 세 가지에 기인한다.

첫째, 고가의 질량유량계를 구입할 수 있는 자금상의 여력이 없다는 점이다. 병커공급업자의 대다수는 영세사업자이기 때문이다.

둘째, 질량유량계를 설치하는 경우 비용을 어떻게 회수할 것인지가 매우 불투명하다는 점이다.

셋째, 질량유량계를 설치하게 되면 불법적인 도유

나 잔유량을 남기는 것이 힘들게 된다는 점이다. 현재 도유 및 잔유량을 이용하여 경영안정화를 도모하는 사례가 많기 때문이다.

그러나 전술한 바와 같이 수량문제의 해결은 병커 선진항만으로 나아가기 위해 반드시 거쳐야 하는 과정이다. 이에 따라 항만당국은 위의 문제들을 해소해 가면서 질량계측기의 사용을 의무화하는 제도를 구축해야 한다.

② 질량유량계 인증제도

질량유량계는 사운딩 방식을 대체할 수 있고, 병커의 질량을 자동측정하는 장비이므로 사운딩 방식을 월등히 능가하는 성능을 보유해야 한다. 일반적으로 사운딩 또는 산업계에서 허용되는 오차율이 2-3% 내외이므로, 이보다는 훨씬 높은 정확도를 가지고 있어야 한다. 질량유량계는 현재 오차율이 0.5%로 인증받고 있다. 그러나 오차율 0.5% 여부의 확인은 상당한 전문성을 가진 기관에 의한 검증으로 이루어져야만 한다. 이에 따라 모든 질량유량계는 검증을 통해 인증을 받도록 하고, 검증기관으로서는 한국기술표준원, 한국석유관리원 등을 활용하는 것이 바람직할 것이다. 검증이 완료되면 제품인증서를 제공하고 항만당국에 제출하도록 하여 병커공급업자로서의 등록요건에 부합하는 것으로 인정하는 것이다.

③ 질량유량계 설치에 대한 자금지원

질량유량계는 전술한 바와 같이 고가로서, 사이즈에 따라 6000만원~1.2억원 정도 소요된다¹⁵⁾. 따라서 영세사업자가 많은 병커링 업계에서는 부담이 되지 않을 수 없다. 궁극적으로 이 비용은 정유회사가 부담하고, 정유회사는 병커가격에 반영하는 것이 합리적이다. 병커가격에 반영시킬 경우 가격경쟁력을 저하시키는 요인이 될 수 있다. 이러한 상황을 감안하여 정부는 질량유량계 도입촉진 및 병커공급경쟁력 저하방지를 위해 질량유량계 설치비 일부를 지원

14) 코리올리 질량유량계는 유체(流体)가 튜브의 측정기로 유입되면 코리올리 효과에 의해 액체의 정확한 질량을 측정하는 계측기기로서 오차율은 0.5% 이내임

15) MFM 제조·판매회사로부터 제공받은 수치임

하는 방안을 강구할 필요가 있다.

3. 선박연료공급업자 관리제도 개선방안

1) 병커품질관리에 대한 항만당국의 적극 관여

위와 같은 방식으로의 병커 품질관리 체제 구축은 항만당국의 역할을 현행과 같이 소극적인 자세로 두어서는 안된다는 것을 의미한다. 이미 품질문제가 심각하고 개선해야 할 필요성이 많은 오늘날 현재와 같이 이해당사자에게만 위임하는 것은 문제를 방지하는 것과 다르지 않다. 병커 품질문제가 이용자의 불만 및 항만운영에 애로사항으로 대두한 오늘날 이 문제에 항만당국이 보다 적극적으로 관여해야 할 필요가 있다. 다만, 정품문제는 거의 발생하고 있지 않기 때문에, 오히려 수량문제에 집중할 필요가 있다.

수량문제는 빈번히 발생하여 분쟁으로 확대되는 경우가 흔하다. 이러한 현상이 빈번하게 발생하여 선사 등 이해당사자에게 상당한 불편을 주고 있고, 특히 선항연구에서 언급된 도유현상은 사회적 문제로까지 확산되어 있어 항만당국에 의한 적극적인 개선 조치가 필요하다.

2) 병커공급실적 보고의 제도화

현재 가장 중요한 이해당사자인 선박연료공급업자가 일단 사업자로 등록해 버리고 나면 다음의 경우¹⁶⁾에 해당하지 않는 한 사업의 등록정지 또는 등록취소를 할 수 없도록 하고 있다.

- ① 사업자 또는 대표자가 「관세법」(제269조~제271조)에 규정된 죄 중 하나를 범하여 공소가 제기되거나 통고처분을 받은 경우(등록정지)
- ② 사용하는 장비를 추가할 경우 변경신고를 하지 않거나 사업계획의 일부를 변경한 경우(등록정지)
- ③ 등록기준에 미달하게 된 경우(등록정지)

- ④ 부정한 방법으로 등록한 경우(등록취소)
- ⑤ 사업수행 실적이 1년 이상 없는 경우(등록정지)
- ⑥ 사업정지명령을 위반하여 사업을 계속한 경우(등록 취소)

위와 같이 사업수행 실적유무를 등록정지 요건으로 규정은 하고 있으나, 실제로 사업수행 실적유무를 1년 이내의 단위에서 정기적으로 확인하고 있지는 않다. 이는 사업실적 보고가 제도화되어 있지 않은데 기인한다. 사업실적 관리제도가 이같이 거의 방치된 상태이므로 선박연료공급업자가 제대로 사업을 수행하고 있는지의 여부를 판단하고 관리하기 위해서는 사업수행 실적보고를 최소한 6개월 정도의 주기로 제도화하는 방안이 필요하다. 이는 현행 등록정지 요건의 규정을 이행하기 위해서도 필수적인 조치이다.

3) 등록 갱신제 도입

현재는 선박연료공급업자로 등록하게 되면 위에서 살펴본 바와 같이 등록조건에 부합하지 않는 경우에만 등록을 정지 또는 취소하도록 되어 있다. 이 때 등록조건이란 자본금, 연료공급선의 총톤수 기준을 충족하지 못하거나, 범죄를 저질렀거나 사업실적이 없거나 또는 부정한 방식으로 등록한 경우로 제한하고 있다. 그런데 향후 MFM 도입의 의무화가 이루어지게 되면 MFM 설치여부가 중요한 등록기준이 된다. 그런데 한번 MFM을 설치하여 등록했다고 해서 등록이 계속 유효하도록 허용해서는 곤란하다. MFM을 지속적으로 사용할 수 있도록 계속 관리할 필요성이 있는 것이다. MFM 설치 여부를 관리하지 않을 경우에는 MFM이 제대로 사용되고 있는지, MFM의 노후화 이후 재설치하고 있는지 여부를 판단하기 곤란하다. 이에 따라 3년 정도의 주기로 등록을 갱신하도록 하여 MFM의 설치, 사용, 유지보수 등 여부를 계속 확인할 필요가 있다.

16) 항만운송사업법 제26조의5

4) 불법행위 조사 및 조치

향후 MFM이 설치되면 이를 계속 활용하도록 하는 것이 중요하다. MFM을 계속 활용하도록 하기 위해서는 다음의 조치가 필요하다.

첫째, MFM의 정상적인 기능 발휘를 저해하는 각종 행위를 불법으로 규정하고 이러한 행위가 적발될 경우 조치해야 한다.

둘째, MFM의 계측치를 병커공급시마다 활용하고 있다는 것을 보증할 수 있는 제도적 장치를 마련해야 한다.

셋째, MFM 계측치를 활용하지 않고 다른 방식에 의해 공급량을 기록하는 행위에 대해서도 불법행위로 규정하고 이러한 행위가 적발될 경우 조치를 취해야 한다.

넷째, 이러한 업무는 지속적으로 이루어져야 하는 것이기 때문에 이를 제도화하여 향만당국이 계속 관리해 나가야 한다.

5) 불법행위 신고제도 도입

위에서 규정해야 할 불법행위를 향만당국이 직접 적발해 내기는 용이하지 않을 것이다. 향만당국에게는 이 업무까지 담당해야 할 조직과 인력이 부족하기 때문이다. 이에 따라 위의 불법행위에 대해서는 신고제도를 도입하여 조사하는 것이 불가피하다. 불법행위의 신고제도는 다음과 같은 방식으로 운영되어야 한다.

첫째, 누구라도 불법행위에 대해 신고할 수 있도록 하며, 신고자가 원할 경우 익명으로 처리할 수 있도록 해야 한다.

둘째, 신고접수는 향만당국(지방해양수산청) 뿐만 아니라 별도의 특정 기관을 지정할 필요도 있다. 신고접수기관으로서는 한국석유관리원이 적절하다.

셋째, 신고접수기관은 접수한 내용을 향만당국에 보고한다.

넷째, 향만당국은 접수받은 내용을 확인하기 위해 인력을 파견하여 사무실 또는 현장을 조사한다.

다섯째, 조사결과 신고내용이 사실로 확인될 경우에는 그에 상응하는 조치를 취한다. 아울러 불법행위에 상응하는 벌칙을 부과해야 한다.

이러한 제도를 도입하게 되면 선박연료공급업자에 대한 향만당국의 관리업무는 <표 2>와 같이 확대될 것이다.

표 2. 선박연료공급업자에 대한 향만당국의 업무확대

현행		향후
등록 요건 확인	⇒	등록요건 확인(등록요건 확대)
		<ul style="list-style-type: none"> - 사업실적 확인 - 등록 갱신 여부 확인 - 불법행위 접수, 조사 및 처벌 - 불법행위신고센터 운영

자료 : 저자작성

6) 병커공급절차의 품질관리 실시

병커공급시 품질을 떨어뜨리지 않고 계속 유지할 수 있는 품질관리시스템을 선박연료공급업자 스스로 관리할 수 있도록 의무를 부과한다. 이러한 시스템을 사업자 스스로 구축하고, 준수할 수 있어야만 병커공급 과정에서의 품질보증이 자연스럽게 확보될 수 있기 때문이다. 품질보증을 위한 관리시스템은 다음의 두 부문에서 구축할 수 있다.

첫째, 정품과 관련된 관리방안. 병커는 저유기지에 저장되어 있는 정품을 그대로 병커바지에 선적하고 운반과정에서 아무런 이상이 발생하지 않도록 하여 본선에 공급하는 것을 의미한다. 그러므로 저유기지에서 이루어지는 선적단계에서부터 운반 및 본선 공급과정에 이르기까지 병커 supply chain상의 이상 유무 또는 품질보증을 위한 구체적인 방안을 선박연료공급업자 스스로 마련하고 준수할 수 있도록 책임을 부과하는 것이다.

둘째, 병커량과 관련된 관리방안. 저유기지에 저장되어 있는 병커를 본선의 주문량에 맞추어 급유바지에 선적하고 운반하는 과정에서 아무런 이상이 발생

하지 않도록 하여 정량이 본선에 공급되도록 하는 것을 의미한다. 이를 위해서는 이 방안을 선박연료공급업자가 스스로 마련하고 준수하도록 책임을 부과하는 것이 필요하다.

7) 선박연료공급업 등록취소기준 확대

위와 같은 품질보증체제로 이행하고 품질보증이 지속적으로 이루어지기 위해서는 품질보증이 이루어지지 않을 행위가 나타날 경우를 선박연료공급업 등록 취소요건으로 설정할 필요가 있다. 구체적으로는 다음의 취소요건이 필요하다.

첫째, 병커의 품질관리시스템을 구축하지 않고 병커공급을 행하는 경우

둘째, 병커의 품질이 정품임을 인증할 수 있는 조치가 취해지지 않는 경우

셋째, 병커의 품질을 조사·확인할 수 있는 샘플채취가 제대로 이루어지지 않는 경우

넷째, 병커의 품질보증을 위한 봉인장치가 제대로 기능하고 있지 않은 경우

다섯째, 병커의 정량을 보증하기 위한 MFM 기기가 설치되지 않은 경우

여섯째, 작동이 부정확한 MFM 기기를 활용하거나, MFM의 계측치를 활용하지 않는 경우

일곱째, MFM의 정상적인 작동을 저해하는 각종 조작행위

여덟째, 병커공급 이후 병커바지의 탱크나 병커주입라인을 완전히 비운 상태로 만들지 않는 경우

아홉째, 기타 품질보증 기준을 위협하거나 저해하는 각종 요인

VI. 결 론

본 연구에서 제시한 내용이 실제로 활용되기 위한 효율적인 방안을 결론으로서 제시하고자 한다.

첫째, 선주에 대한 병커 품질관리제도의 메리트 홍보. MFM 시스템 도입이 성공하기 위해서는 선사가

이 시스템의 장점을 인정해 주어야 한다. 그런데 다행히 이와 관련해서는 다음과 같은 유리한 점이 있다. 즉 향후 병커 품질관리제도로 전환한다 하더라도 선사에게 추가부담이 발생할 이유는 없다는 점이다. 현재 선사가 사운딩의 객관성을 확보하기 위해 surveyor 고용시에는 1회당 60만원 정도의 비용이 발생한다. 그런데 질량유량계 측정방식으로 전환하여 surveyor를 활용할 필요가 없어진다면 질량유량계 활용에 따른 비용이 1회당 3만원 정도에 불과하므로¹⁷⁾ 선사에게는 급유시마다 57만원 내외의 비용절감효과가 발생한다. 또한 MFM 방식으로 전환하여 종래 예를 들어 1톤 정도 부족했던 병커량까지 정확하게 공급받게 된다면 그로 인한 이익은 74만원 내외에 이른다. 즉 선사에게는 이익이 발생하되, 손실은 발생하지 않게 된다.

다만, 종래의 사운딩 방식에서 질량유량계 사용방식으로 전환되므로 새로운 시스템에 익숙하지 않은 선사는 질량유량계 사용에 대해 우려할 수 있다. 이러한 우려를 불식할 수 있도록 MFM 시스템 도입에 따른 메리트를 계속 홍보해 나가야 한다.

둘째, MFM 설치에 따른 급유바지의 비용회수방안. 질량유량계의 구매·설치에는 1억원 내외의 비용이 필요하다. 그런데 이 비용이 일시금으로 요구되기는 하지만, 내용연수 동안 비용을 회수하기만 하면 된다. 본 연구에서 계산한 결과 급유 공급시마다 MFM 사용료는 3만원 내외로 산정되었다¹⁸⁾.

그런데 문제는 누가 MFM 사용료를 부담해야 할 것인가 하는 점이다. 부담자는 1) 선사, 2) 정유회사,

17) 급유바지는 월 14회 정도 급유를 공급하므로 1년에 168회 급유공급을 하고 있음. 질량유량계 구매·설치 비용이 1억원이면 내용연수 20년간 사용에 따른 질량유량계의 1회당 사용료는 1억원÷168회÷20년=29,762원

18) 톤당 770\$의 중유를 500톤 공급한 경우 판매가격은 4.62억원, 운송료는 1당 6.08원으로서 총 304만원 이므로 MFM 사용료 3만원은 운송료의 1% 정도를 점하는데 불과함. 아울러 톤당 1,180\$의 MGO를 200톤 공급한 경우 판매가격은 2.83억원, 운송는 1당 6.08원으로서 총 122만원 이므로 MFM 사용료 3만원은 운송료의 0.4% 정도를 점하는데 불과함

3) 급유선주 4) 선사+정유회사+급유선주 4) 정유회사+급유선주의 4가지 방안을 강구할 수 있다. 위 대안 중 원칙적으로는 정유회사가 부담하고, 선사에 전가시키는 방안이 가장 깔끔하다. 그러나 어떤 대안을 선택하더라도 구매·설치시에 일시금이 소요되는 것이 문제이지만, 이 비용은 회수하기만 하면 된다. 다만 단기적으로 회수하기는 곤란하므로 장기적으로 회수하는 방안을 강구할 필요가 있다. 만약 구매·설치비를 일시금으로 차입하고, 상환은 내용연수와 동일한 20년간 저리로 할 수 있다면 어려움은 없게 될 것이다. 이에 따라 일시금 대출이 가능하고, 또한 상황이 장기저리로 이루어질 수 있도록 정부가 금융지원 제도를 마련할 필요가 있는 것으로 판단된다.

참고문헌

- 강미주(2017), 고사 위기의 급유선업체...나후된 유통구조·저운임, 해양한국, 522호,
- 김성일(1995), 병커링의 중요성, 석유협회보, 173호, 34-37.
- 안기명·이상일·배후석(2017), 선박급유업의 법제도적 개선방안에 관한 연구, *Journal of Korea Society of Marine Environment & Safety*, Vol. 23, No. 4, 376-384.
- 해양수산부·한국해양대(2017), 선박급유업 선진화 방안 연구.
- 塩見友康·矢倉裕士(2017), 船舶における燃料油の流量計測について, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第52巻, 第3号, 75-79.
- Gard(2014), Mass Flow Metering Delivery Procedure for Bunkering (<https://www.gard.no/Content/22097380/Generic%20MFM%20delivery%20procedure.pdf>)
- Gard Alert(2014), Singapore adopts mandatory bunker control, 9월 11일자.
- Gard Insight(2015), Bunkering in Singapore, 4월 30일자.
- Kaivan H. Chinoy(2017), Mass Flow Meter Malpractice? This is What We've Seen in Singapore and What You Can Do to Protest Yourself, *Ship & Bunker* 5월 2일자.
- Lexology(2012), Bunker Disputes and the Singapore Chamber of Maritime Arbitration's Summary Procedures, 6월 8일자.
- MPA(2017), Frequently Asked Questions on Mass Flow Metering (MFM) for Bunkering.
- MPA(2014), Generic MFM Delivery Procedure.
- MPA(2014), Port Marine Circular No. 08-14, 7월 29일자.
- MPA(2014), Singapore Standard Code of Practice for Bunkering (SS 600)
- MPA(2019), Singapore Standard Code of Practice for Bunkering (SS 648)
- MPA(2014), Singapore Standard Specification for Quality Management for Bunker Supply Chain (QMBS) or SS 524(QMBS)
- Safety 4 Sea(2016), New bunkering procedures in Singapore from January, by The Editorial Team, 12월 5일자. (<https://safety4sea.com/new-bunkering-procedures-singapore-january/>) (safety4sea : 1)
- Safety 4 Sea(2019), Pros and cons of Coriolis Flow Meters : A solution to bunker disputes? 5월 22일자.
- Seatrade Maritime News(2021), Singapore jails nine for bunker fraud involving tampered MFM, 9월 30일자.
- Singapore Chemical Industry Council, Singapore Standards Council, Enterprise Singapore(2020), Singapore Bunkering Industry Case Study : Economic Benefit of TR48:2105 Bunker mass flow metering, 2월.
- The Japan Ship Owners' Mutual Protection & Indemnity Association(2014), *P&I Loss Prevention Bulletin*, Vol.30, 1-19.
- Thorstein Franche, 吉原正志(2018), 欧州 MRV 規則施行に伴う対応策について : KROHNEの提供する質量流量計測を用いたソリューション, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 第53巻, 第5号, 39-44.
- Westpandi(2016), Singapore : New Bunkering Procedure, 12월 2일자. (<https://www.westpandi.com/publications/news/singapore-new-bunkering-procedure/>)
- <https://www.a-star.edu.sg/nmc>
- <https://www.enterprisesg.gov.sg>
- <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/services/bunkering/bunkering-licence-application-guidelines/new-bunkering-licence-bunker->

supplier

<https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/services/bunkering/bunkering-standard/singapore-standard-code-of-practice-for-bunkering-ss600>

<https://www.marineinsight.com/guidelines/bunkering-is-dangerous-procedure-for-bunkering-operation-on-a-ship/>

우리나라 항만의 벙커 품질관리시스템 개선방안

김형태

국문요약

우리나라 항만의 벙커링은 품질과 수량 측면에서 큰 문제를 안고 있다. 벙커의 품질은 우수하다고 평가받고 있으나, 벙커링 절차측면의 품질에는 허점이 많이 발생하고 있다. 특히 저유지에서 벙커를 급유바지에 선적하고, 본선으로 운반하며, 본선으로 공급하는 과정의 공급망에 있어서는 품질이 확보되고 있지 않다.

벙커수량 측면에서는 문제가 더욱 심각하다. 벙커수량 분쟁이 매우 빈번하고, 잔량발생 및 도유현상까지 일상화되어 있다. 여기에는 벙커링 운송료가 낮다는 것이 주요 원인으로 작용하고 있음을 부인할 수 없다. 그러나 운송료 문제가 해소된다고 하여 벙커량 문제가 완벽하게 해결된다고 보기 힘들다.

이에 따라 이 연구는 현행 벙커링 공급과 관련된 품질 미확보 문제와 수량분쟁을 해결하여 벙커 선진항만으로 발전할 수 있는 방안을 모색·제시하였다. 이 연구에서는 벙커링이 이루어지는 현장 위주의 분석을 통해 현황 및 문제점을 면밀하게 분석하고, 벙커 선진항만인 싱가포르의 사례를 심도있게 분석, 시사점을 활용하였다. 분석 결과 벙커공급절차에 있어서는 공급망의 품질강화제도를 도입하고, 벙커수량 측면에서는 현행 사운딩 방식에서 질량유량계 시스템으로 계측방식의 전환이라는 혁신적인 방안을 제시하였다.

주제어: 벙커품질, 벙커품질관리시스템, 벙커공급망, 질량유량계, 질량유량계측시스템