

## 유량계의 연구개발 동향

이도형\* · 김현구\*\* · 신태석\*\*

### 1. 서 론

유량계는 일반산업, 석유, 화학, 조선, 의학, 식품, 철강, 반도체 등 여러 분야에 다양한 용도로 사용되어 지고 있다. 뿐만 아니라 유량계산업은 현장산업에서 없어서는 안 되는 중요한 부분이다. 고도화 및 정보화 된 산업생산에서 유량계는 생산성 향상을 위하여 품질과 기능면에서 다양한 형태로 발전되고 있다. 이러한 품질과 기능은 주변의 여건에 많은 영향을 받아 다양한 형태를 나타내고 있다. 실제로 현장에서 사용되는 유량계의 형태는 유체의 종류와 측정 목적에 따라 다양한 형태로 변모하고 있다. 따라서 과거 측정 방법에 따라 유량계를 분류하는 것보다는 유량계가 갖고 있는 기능에 따라 분류되고 있고 필요에 따라 개별 유량계를 만들어 사용되고 있다.

현재 계측기기에 대한 국제적 규범과 규격을 통합화된 전 세계적 품질 시스템을 만들어 가고 있다. 이러한 점에서 유량계가 갖고 있는 고유의 기능과 주변 여건에 따라 부가기능의 조합시킬 수 있어야 한다. 산업의 발전에 따라 유량계의 기술적인 발전을 해오면서 생산 및 자동화 공정 측면에서 원격제어 및 유량 감시 및 통신 기능까지 가능하도록 기술의 필요성을 요구해 발전되고 있는 현황이다.

### 2. 유량계의 종류

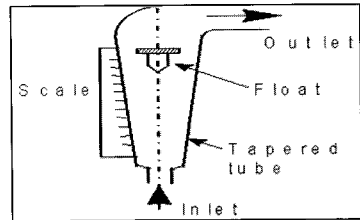
측정유체	유량계의 종류
액체 or 기체	용적, 면적, 차압, 터빈, 와류, 질량(코리올리식, 열식, 와류식), 초음파, 적선 유량계
액체전용	전자, 개수로 유량계

\* 한양대학교 기계공학부 교수

E-mail : dohyung@hanyang.ac.kr

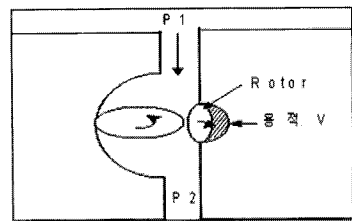
\*\* 한양대학교 기계공학부 대학원

### 2.1 면적식 유량계(Rotameter)



관로중에 Taper관에 Float를 넣어 유속에 따른 Float의 위치를 읽음으로서 유량을 측정한다. 3~150mm의 배관에 설치되며 액체의 경우  $0.0003\sim 200m^3/h$ , 기체의 경우  $0.005\sim 17,000m^3/h$  까지 측정이 가능하다. 압력손실이 적고 측정범위가 넓으며 적은 유량을 측정할 때 좋은 장점이 있다.

### 2.2 용적식 유량계

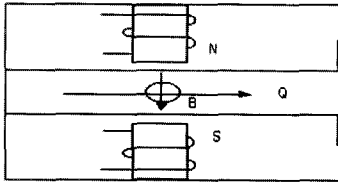


2개의 타원형의 Rotor가 P1~P2의 차압에 의해서 서로 맞물려 회전하면서 빗금친 부분의 용적 V만큼 회전수 n에 비례하여 유체가 흐르므로 Rotor의 회전수를 측정하여 유량( $Q=2nV$ )를 구할 수 있다. 측정대상이 액체일 경우에만 이용되고 높은 정밀성을 갖지만 고가라 특정경우에만 사용된다.

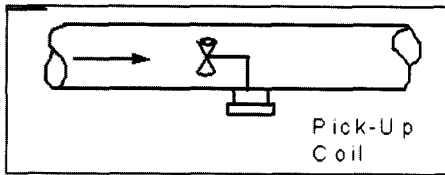
### 2.3 전자유량계 방식

Faraday의 전자유도법칙을 이용한 것으로 관로 중

에 자속밀도 B를 형성시키고 유량 Q에 따른 기전력 (e=kQB)를 측정하여 체적유량을 산출한다. 전기전도도가 20마이크로 지멘/cm이상인 액체를 0.00001~10,000 m<sup>3</sup>/h의 범위에서 0.5~2%의 정확도를 갖는다. 압력, 온도, 밀도, 점성, 층류, 난류, 압력손실에 대한 영향을 받지 않지만 유속에 비례하는 전압을 발생시키기 때문에 Pipe내에 만수 상태를 유지해 줘야한다.

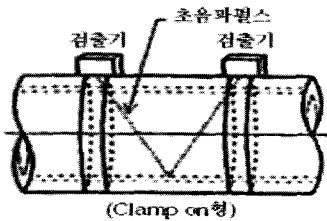


### 2.4 Turbine 유량계



배관 내부에 회전자를 설치하고 축상의 전자기적인 검출기(Pickup Coil)로 회전수를 측정하여 유량으로 환산하는 방식이다. 액체와 기체(Light Oil 계통)를 측정할 수 있고 0.0005 ~ 10,000m<sup>3</sup>/h를 측정할 수 있고 ±0.25%의 정확도를 갖는다. 실제 운전조건에서 자동 온도 보상이 가능하고 넓은 범위의 압력 (5,000PSI)과 온도(-200~450℃)에서 사용이 가능하다.

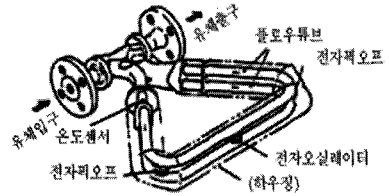
### 2.5 초음파 유량계 (Doppler)



입자를 가진 유체에 음파를 투과시켜 입자의 반사파를 측정하여 유량을 산출한다. 입자나 거품을 포함

한 액체를 측정할 수 있고 0.05 ~ 5,000m<sup>3</sup>/h의 측정범위를 갖고 2~5%의 정확도를 갖는다. 설치가 쉽고 Pipe size에 관계없이 설치가 가능하고 압력손실이 없다. 그러나 Pipe가 만수 상태에서 가능하고 유체에 입자나 거품이 있어야 한다.

### 2.6 질량 유량계



유체가 meter내를 통과하게 되면 meter의 Sensor tube를 진동하게 되고 이때 tube가 진동하면서 tube 양쪽이 Coriolis force가 발생하며 이 힘에 의한 tube의 뒤틀림 각도로 유량을 산출하는 방식을 사용한다. 측정유체로 액체, 기체와 slurry를 사용할 수 있고 0.05~9,090kg/min의 측정범위를 갖고 있으며 0.41~1%의 정확성을 갖는다. 질량을 측정하기 때문에 밀도, 점도, 온도, 압력의 영향을 받지 않고 응답성과 소유량 정밀 측정에 유리하다. Sensor tube에 air발생으로 인한 오차와 만수 시에만 측정가능한 단점이 있다.

### 2.7 유량계 비교

	Differential Pressure with				Turbine	Magnitude flow
	Orifice	Venturi	Nozzle	Annebar		
Accuracy	Good	Good	Good	Good	V. Good	V. Good
Differential Produced	V. Good	Good	Good	Fair	NA	NA
Pressure Loss	High	Moderate	High	Low	High	None
Service						
-Dirty	Poor	Good	Good	V. Good	V. Good	V. Good
-Corrosive	Good	Good	Good	Good	V. Good	Good
-Slurries	V. Poor	Good	Poor	Poor	V. Good	Fair
-Viscous	***	Good	Good	NA	V. Good	Poor
-Liquid with Vapors	Good**	Good	Good	Fair	V. Good	V. Good
-Vapor with Codensate	Good**	Good	Good	Poor	NA	V. Good
Calibration	sq. Rt	sq. Rt	sq. Rt	sq. Rt	Linear	Linear
Intial Cost	Low	High	Moderate	Low	Moderate	High
Ease of Changing capacity	Good	Fair	Fair	Good	Fair	Fair

### 3. 사용 분야별 분류

#### 3.1 반도체 분야

초기의 유량계는 단순 지시용으로 사용해왔으나 그 이후에 산업의 발전에 따라 현장에서 육안으로 유량을 확인하여 사용하던 측정수단에서 무인화, 중앙 집중화, 고정정화에 따른 다양한 방식으로 사용하게 되면서 유량계에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 새로운 기술이 개발되면서 전통기술로 사용되어 왔던 면적식(부피유량측정) 유량계가 새로운 기술로 떠오르는 Flow sensor 기술로 급속히 대체되고 있는 추세이다. 그러나 신기술이 급속하게 발전하는 것은 사실이지만 아직까지는 기술적이나 단가 면에서 기존에 사용하던 면적식 유량계를 대체할 수 없으며 특히 공정상 장비에 사용되는 유량계는 아직까지 면적식으로 사용할 수밖에 없는 실정이다. 이에 따라 면적식 유량계도 단순 지시형에서 지속적인 변화를 보이고 있다.

#### 3.2 산업용 분야

오일 및 석유화학 산업용 유량계 시장은 용적식 유량계, 차압식 유량계, 터빈유량계 등이 주류를 형성해 오고 있다. 그 용도 면에서도 거래용 혹은 공정용으로 분류되어 그 정확도나 용도가 구분되어 운영되고 있다. 이러한 전통식 유량계들이 갖고 있는 장점들은 그 정확도와 설치요건에 대한 명확한 기준들이 마련되어 있어 사용자들은 이를 잘 준수하는 것이 매우 중요하다. 하지만 사용하는 유체에 대한 측정 조건이 때때로 따라서는 매우 복잡한 형상으로 바뀌는 경우가 있기 때문에 최근에는 다상 유량 등을 측정할 수 있는 유량계들이 개발 중에 있다. 따라서 이러한 배관에서 유체별로 유량을 측정하는 유량계가 필요하다. 실제로 일반적인 배관망을 통해 전송되는 유체 속에 일부 기포가 함유되는 경우도 자주 발생하고 있으며, 이러한 캐비테이션에 따른 배관망에 대한 손상을 줄이고 정확한 유량측정을 위하여 일부 유량계에서는 부가적으로 이러한 기능을 내포한 유량계들이 선보이고 있다. 또한 수력발전 라인에서도 이러한 기포 발생량을 모니터링하는 시스템이 활용되기도 한다. 예를 들어 초음파유량계들 중에서 이를 측정에 활용하는 경우가 많으며 일부 터빈 유량계의 경우도 이를 활용하는 기술을 적용한 예가 있다.

그중 도플러식 초음파 유량계는 초음파 트랜스듀서로부터 유체배관 내에 초음파 펄스를 입사시키는 초음파 송신수단, 유체배관내의 측정영역으로부터 반사된 초음파 에코를 수신하고 피측정 유체의 유속분포를 측정하는 유속분포 측정수단, 피측정 유체의 유속분포로부터 그 유량을 산출하는 유체유량 연산수단, 및 초음파 트랜스듀서로부터 공명적 투과현상을 발생시키는 초음파의 기본 주파수를 자동적으로 선택하는 주파수 선택 설정수단을 구비하며, 상기 주파수 선택 설정수단은 선택된 최적 주파수의 초음파를 초음파 트랜스듀서로부터 발진시키도록 초음파 송신수단을 작동 제어하며, 상기 구성에 의하면 여러 가지의 유체 배관 내를 흐르는 피측정 유체의 유량을 간단하고 용이하게, 또한 비접촉 상태로 정확하게 정밀도 좋게 측정할 수 있는 범용성이 높은 도플러식 초음파 유량계를 제공할 수 있다.

#### 3.3 에너지 분야

근래에 들어서 천연가스를 활용한 청정에너지를 이용하는 시장이 급팽창하고 있다. 가스 라인망은 국내외를 막론하고 대규모로 확장되고 있다. 이제는 대륙을 횡단하는 가스 망 건설이 여러 곳에서 수행되고 있다. 특히 가스망 건설은 높은 압력으로 유량을 전송하여야 하고 주기적으로 이를 가압하고 정류시켜주는 유량스테이션을 건설해야 한다. 따라서 기존에 사용해왔던 전통적인 유량계들에서의 약점을 보완한 새로운 유량계의 필요성이 절실하였고 이런 요구에 부응하는 유량계로 다회선 초음파 유량계가 각광을 받고 있는 추세이다. 하지만 이런 유량계들을 교정하기 위해서는 교정검사 시설을 건설하여야 한다. 현재 국내의 경우 한국가스공사가 고압 천연가스를 직접 교정 검사할 수 있는 교정검사 시설을 건설하여 시험할 예정으로 알려져 있다. 이는 직접 공급되는 천연가스 망을 활용하는 것으로서 천연가스용, 고압용 유량계 교정에 상당한 도움이 되리라 예상된다. 따라서 이러한 교정검사 시설을 바탕으로 다양한 신제품의 유량계들이 선보이게 될 것이다.

이 분야에서 측정이 가능한 유량계가 면적식 유량계로 볼 수 있는데 이런 유량계도 다양한 원리와 변화를 보이고 있는 추세이다. 대표적으로 PURGE METER, ORIFICE, WHEEL TYPE 등 여러 종류가 있지만 공통된 점은 유체의 부피를 측정한다는 것이

다. 특히 PURGE METER는 부피 자체만으로 유체를 측정하며 대부분 FLOAT의 위치로 유량을 확인하는 전통적인 방식의 유량계로서, 다양한 방식으로 모든 분야에서 사용되는 유량계이다. PURGE METER의 기술이 발전하면서 단순 지시형 유량계에서 무인화, 중앙집중화가 가능하도록 제품이 개발되고, 구기술에 신기술이 접목되어 새로운 시장을 형성하고 있다. 반도체 산업과 더불어 LCD산업의 발전에 따라 유량계 시장에도 변화가 왔다고 볼 수 있다. 반도체 산업에서 공정상 장비에 사용되는 유량계는 미소유량과 고정밀도, 고정정을 요구하는데 비해 LCD산업은 대유량의 유량계를 사용하게 되면서 기존에 사용되던 FLOAT식 유량계에서 WHEEL, TURBINE, VORTEX TYPE 유량계를 사용하게 되어 새로운 유량계의 시장이 형성되고 반도체와 LCD에 적용되는 유량계도 자연스럽게 분리되게 되었다.

#### 4. 국내 신기술을 적용한 유량계

현재 새로운 기술을 바탕으로 신제품들이 속속 선보이고 있다. 그중 몇 가지 예를 들어 보면 다음과 같다. 소방용 면적식 유량계는 유동의 영향을 받지 않기 때문에 유체흐름에 관계없이 수직 및 수평으로 자유롭게 측정할 수 있다. 비교적 유동율이 큰 소방용으로 측정할 경우에는 Orifice의 차압 출구 위치에 by-pass관으로 연결하는 일명 분류식이라 하는 by-pass형 소방용 면적식 유량계를 사용한다. Orifice에 의한 차압으로 가변적 면적에 따른 직독식으로서 측정하는 면적식 유량의 값이 일정하며, Flot의 hunting없이 측정이 가능한 장점을 가지고 있지만 차압식 유량계의 특성을 동시에 가지고 있어 일정한 직관부를 필요로 하고 있다. 전자유량계의 경우 저전력형과 이를 활용한 유량측정 시스템으로 2선식 전자유량계들이 선보이고 있고, 전자유량계에서 두드러진 현상은 펠드버스 기술을 탑재한 스마트 유량계와 이렇지 않은 일반 전자유량계의 비율이 생산량 기준으로 약50%대로 거의 대등한 수준에 이르러 향후 더욱 큰 비율로 스마트유량계가 보편화 될 것으로 여겨진다.

#### 5. 향후 시장 규모 예측

유량 센서의 개발로 인하여 유량계의 전체시장은

급성장하여 향후 20~25년간 성장이 지속도리 것으로 예상되고 유량계 전체시장 역시 계속 성장 및 확장 될 것으로 예상된다.

순위	←시장 점유율→	1999	2006	순위	(%)
1	D.P.	945	985	1	30.0
2	Magnetic	610	819	3	19.4
3	Mass	466	882	2	14.8
4	Pos. Displace	295	299	5	9.4
5	Turbine	240	276	6	7.6
6	Ultrasonic	160	413	4	5.1
7	Open Channel	160	220	7	5.1
8	Anemometer	142	205	8	4.5
9	Vortex	127	184	9	4.0
		3,145	4,283	100	
		\$(백만)			

Table 1. 향후 세계시장 규모

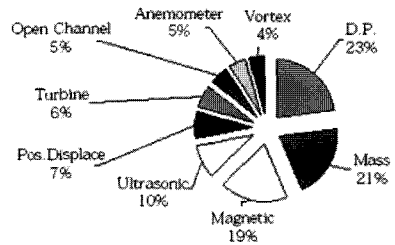


Table 2. 2006년 제품별 시장 점유율

Table 1,2를 통하여 현재 개발되어 시장을 점유하고 있는 유량계의 종류 및 현황을 알 수 있다.

Table 3.을 통해서 앞으로 변화될 세계 유량계 시장의 변동을 예상할 수 있다.

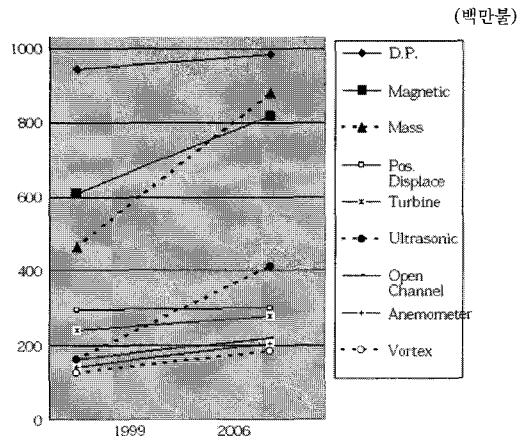


Table 3. 세계시장 규모 변화 추이

## 6. 결 론

지금까지 일반 유량계의 종류와 분야별, 그리고 국내외 유량계의 국내 연구개발 동향을 살펴보았다. 매년 발전되는 산업발전에 따른 유량계의 개발은 정확한 측정과 자동화 공정에 적용되어 산업적 가치 창출을 확보해야하는 필연적 문제로 판단된다. 매년 성장되는 시장규모에 맞춰 장기적인 계획을 잡고 새로운 신기술 개발의 창출을 통하여 국·내외 시장에서도 경쟁력을 갖출 수 있을 것이다. 주변 정보화 기술과의 응용과 주변기술의 개발로 인한 신기술을 바탕으로 향후 유량계의 시장 점유율이 크게 향상될 것으로 기대된다. 뿐만 아니라 새로운 기술로 인한 신제품도 출현도 기대된다.

### 참고문헌

- (1) 임기원, 2003, “전자기 유량계의 설계 및 제작,” 대한기계학 논문집 B권 제27권 제 10호, pp. 1385~1392.
- (2) 김우승, 1997, “원추형 차압유량계(HFV-Series): (주)하이트롬,” 대한기계학회지 제37권 제12호, pp. 93.
- (3) 안용일, 김광용, 1992, “면적식 유량계 설계를 위한 유동해석(Flow Analysis for the Design of Area Flow Meter),” 대한기계학회지 춘추학술대회 1992년 제2권 제2호 ,1992. 1, pp. 225~229.
- (4) 정연철, 2002, “유량계의 기술추세 및 세계시장 규모,” 계측 자동화 기술전문지 계장기술.
- (5) 황상윤, 2004, “유량계 기술 개발 동향 및 시장 전망,” 계측 자동화 기술전문지 계장기술.
- (6) 유주현, 2002, “유량계의 개요,” 계측 자동화 기술전문지 계장기술.
- (7) Richard Miller, 1996, “Flow Measurement Engineering Hand Book”.
- (8) 일본전기측정공업회, 일본공업출판, “유량계의 바른 사용법”.