



## 누출점검용 스마트가스미터의 성능시험 가이드라인 개발 연구

김민준 · †오정석

한국가스안전공사 가스안전연구원

(2019년 9월 14일 접수, 2019년 10월 22일 수정, 2019년 10월 23일 채택)

### Study on Development of Performance Evaluation Guidelines for Leak Test Smart Gas Meter

Minjun Kim · †Jeong Seok Oh

*Institute of Gas Safety R&D, Korea Gas Safety Corporation, ChungCheongbuk-do, Korea*

*(Received September 14, 2019; Revised October 22, 2019; Accepted October 23, 2019)*

#### 요 약

국내 도시가스 보급률은 크게 성장했지만, 국내 가스계량기 계량·안전점검·요금 분야는 아직 서비스 초기방식에서 벗어나지 못하고 있다. 스마트가스미터에 관한 개발과 연구가 활발히 이루어지고 있지만 스마트가스미터의 도입에는 신뢰성과 안전성을 검증할 수 있는 합리적인 성능평가 방안과 기준이 필요하다. 본 논문은 스마트가스미터의 성능을 시험하기 위한 성능시험 시작품을 제작하고 시작품의 실증 운용을 통해 성능평가 방안을 최적화하여 국내에 스마트가스미터가 원활하게 확대/보급될 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다.

**Abstract** - Although the rate of city gas supply in South Korea has grown significantly, the fields related to gas meters have not yet escaped from the initial method of service (e.g. measurement, safety checks, billing, etc). As smart gas meters are actively developed and researched, the introduction of smart gas meters requires rational performance evaluation methods and standards to verify reliability and safety. The purpose of this paper is to make a prototype of the performance evaluation to test the performance of the smart gas meter and to derive the performance evaluation method by conducting the demonstration operation so that the smart gas meter can be smoothly distributed in South Korea.

**Key words** : gas AMI, smart gas meter, performance evaluation.

#### 1. 서 론

도시가스 보급률은 지난 1992년 21.7%에서 2014년 기준 77.8%로 크게 성장하였다. 국내 가정용 가스미터의 연간 수요는 361만대 규모이며, 스마트 가스미터 시장 규모는 연간 1,000억 원 안팎으로 업계는 추산한다. 하지만 국내의 가스계량기 계량·안전점검·요금 분야는 여전히 서비스 초기방식에서 크게 벗어나지 못하고 있다[1].

현재는 검침원이 방문하여 사용량을 확인 후 요금을 부과하는 방식을 사용한다. 본 방식에서 생길 수 있는 신뢰성의 문제가 생길 수 있고, 원격 차단 및 제어 기능의 부재로 인한 지진, 화재와 같은 재해, 재난 상황에서의 안전성 문제를 가지고 있다[2].

스마트가스미터의 도입은 이러한 신뢰성 및 안전성 문제를 해결할 뿐만 아니라, 도시가스 계량기의 실시간 원격 검침, 안전차단, 에너지 사용량 데이터의 공유 및 분석 서비스의 토대를 마련할 수 있다. 또한, 최근 다양한 빅데이터의 이슈가 대두되고 있어 신규 시장 창출이 가능하며, 해외에서도 스마트가스미터의 교체가

†Corresponding author: jsoh90@kgs.or.kr  
Copyright © 2019 by The Korean Institute of Gas

활발히 진행되고 있다[3-5].

하지만 일반 계량기에 센서와 무선 모듈을 부착하여 스마트가스미터를 제작하더라도 무선통신을 이용한 원격 검침 및 차단기능의 성능을 시험하고 인증할 기준이 없는 상황이다. 우선, 원격 차단기능이 없는 스마트가스미터를 누출점검용 가스계량기로 분류하고, 차단기능이 있는 스마트가스미터를 다기능 가스계량기로 분류하여 각각의 KGS의 성능인증 기준으로 성능인증을 진행하고자 한다.

본 연구에서는 기존의 가스계량기에 무선통신 기능을 추가한 스마트가스미터를 성능인증하기 위해 KGS의 기준인 「KGS FU551 PC14 누출점검용 가스계량기 성능인증 기준」보다 누출감지기능의 유량시험을 더 정밀하게 시험할 수 있는 시작품을 제작하였다. 또한, 시작품의 실증 운용에 따라 시험평가의 항목 및 시험방법을 제시하여 평가 운용을 최적화할 수 있는 연구를 진행하고자 한다.

## II. 스마트가스미터 성능시험 1차 시작품

### 2.1. 시작품 구성

성능시험 평가장치 시작품의 구성은 크게 7파트로 압력공급부, 시료장착부, 유량측정부, 유량조절부, 시험제어부, 내구성시험부, 대유량시험부로 구성된다.

Table 1. Component of the performance tester

구분	구성품목	단위	수량
합계	스마트 가스계량기 다목적 시험평가 시작품	식	1
1	압력공급부	EA	3
2	시료장착부	EA	3
3	유량측정부	EA	3
4	유량조절부	EA	3
5	시험제어부	EA	3
6	내구성시험부	EA	3
7	대유량시험부	EA	1

### 2.2. 성능시험 장치 요구사항

- 유량, 압력, 온도 데이터를 수집하며, 기체의 부피를 보정하여 유동률과 유량을 실시간으로 계산하고 기록되어야 한다.
- 기록주기는 최소 0.01초에서 최대 1시간 간격까지 설정이 가능해야 한다.
- 타이머로 압력공급부의 밸브를 일(day), 시(hour), 분(min) 단위 조작으로 유량공급부 자동밸브의 개폐를 자동으로 조작이 가능해야 하며 자동조작은 20회 이상 반복시험이 가능해야 한다.
- 시험에 맞는 로직을 구성하여 제어할 수 있어야 한다.
- PC를 이용하여 실시간으로 모니터링 하고 기

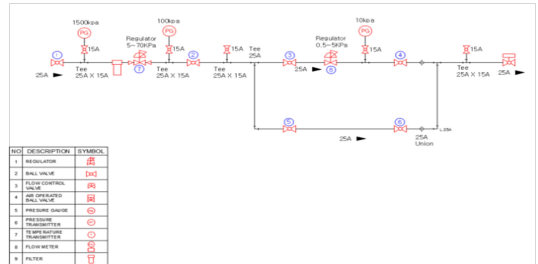


Fig. 1. P&ID(Pressure supply part)

Table 2. Operation method(Pressure supply part)

조건	동작 방법
5 ~ 70 kPa 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든 밸브 Close</li> <li>• 에어 공급</li> <li>• ①번 밸브 Open, 1500kPa 압력계이지 확인</li> <li>• 5~70kPa 레귤레이터를 시험압력으로 조정 (0.5MPa 이상인지 확인)</li> <li>• 100kPa 압력계이지 확인</li> <li>• ②번 밸브 Open</li> <li>• ⑤, ⑥번 밸브 Open</li> <li>• 자동밸브</li> </ul>
0.5 ~ 5 kPa 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든밸브 Close</li> <li>• 에어 공급</li> <li>• ①번 밸브 Open, 1500kPa 압력계이지 확인</li> <li>• 5~70kPa 레귤레이터를 시험압력으로 조정</li> <li>• 100kPa 압력계이지확인</li> <li>• ②, ③번 밸브 Open</li> <li>• 0.5~5kPa 레귤레이터를 시험압력으로 조정</li> <li>• 10kPa 압력계이지확인</li> <li>• ④번 밸브 Open</li> <li>• 자동밸브</li> </ul>

- 기록할 수 있는 소프트웨어를 포함해야 한다.
- 3개의 시험라인이 3개의 기록장치를 이용하여 개별로 시험이 가능해야 한다.
- 기록장치의 정확도는 측정장치(온도, 압력, 유량)의 정확도보다 높아야 한다.
- 성능평가 시작품의 이동이 자유로운 구조를 가져야 한다.

**2.3. 성능시험 장치 구성별 세부사항**

**(1) 압력공급부**

- 볼밸브로 유체의 흐름을 제어하여 0.5 ~ 70 kPa의 압력을 공급할 수 있다.
- 대유량시험부의 공급부를 포함하여 4개의 압력 공급 라인으로 구성된다.

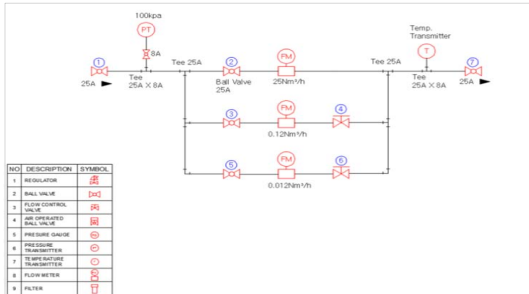


Fig. 2. P&ID(Flow measurement part)

Table 3. Operation method(Flow measurement part)

조건	동작 방법
25 Nm³/h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든 밸브 Close</li> <li>• ①번 밸브 Open</li> <li>• ②번 밸브 Open</li> <li>• 25Nm³/h 유량계 확인 후, 온도확인</li> <li>• ⑦번 밸브 Open</li> </ul>
0.12 Nm³/h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든 밸브 Close</li> <li>• ①번 밸브 Open</li> <li>• ③번 밸브 Open</li> <li>• ④번 밸브 0.12Nm³/h 유량조절밸브 확인 후, 온도확인</li> <li>• ⑦번 밸브 Open</li> </ul>
0.012 Nm³/h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험전 모든 밸브 Close</li> <li>• ①번 밸브 Open</li> <li>• ⑤번 밸브 Open</li> <li>• ⑥번 밸브 0.012Nm³/h 유량조절밸브 확인 후, 온도확인</li> <li>• ⑦번 밸브 Open</li> </ul>

- 수분과 이물질을 제거하기 위해 필터를 설치한다.
- 출구에 자동밸브를 설치하고, 타이머를 조작하여 일정한 간격으로 압력을 공급하고 차단할 수 있다.

**(2) 유량측정부**

- 시험유량, 온도, 압력을 측정하고 전기적 신호로 변환하여 시험제어부의 데이터 로거에 전달한다.
- 0.012 ~ 25 Nm³/h의 범위를 시험할 수 있는 3개의 라인으로 구성된다.
- 2개의 전자식 Bronkhorst社의 직접 열질량유량계(MASSVIEW MV-101, MV-104)와 1개의 SHINAGAWA社의 건식 시험가스계량기(DS-25A)가 한 개의 라인에 병렬로 구성된다.

**(3) 시료장착부**

- 현재까지 출시된 모든 시료에 맞는 연결치구를 사용 가능하며, 15A ~ 25A 규격

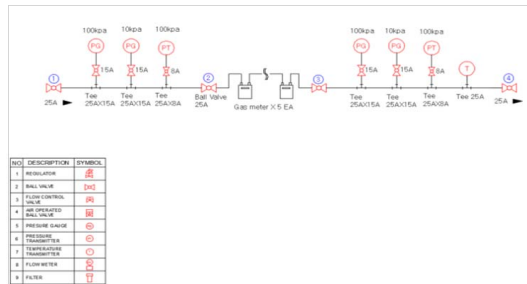


Fig. 3. P&ID(Sample mounting part)

Table 4. Operation method(Sample mounting part)

조건	동작 방법
-	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든 밸브 Close</li> <li>• 시험 시료를 ②와 ③사이에 연결 치구를 사용하여 장착</li> <li>• 5 ~ 70kPa 시험 시 10kPa 압력게이지 반드시 Close</li> <li>• ①번 밸브 Open, 100kPa 압력게이지, 10kPa 압력게이지 시험압력 확인</li> <li>• ②, ③번 밸브 Open</li> <li>• 100kPa 압력게이지, 10kPa 압력게이지 확인</li> <li>• ④번 밸브 Open</li> </ul>

의 시료를 연결할 수 있다.

- 시료장착부는 3개의 라인을 가지고 있으며, 유량시험 시 각 라인마다 5개 이상의 가스계량기를 연결할 수 있도록 한다.
- 시료의 전·후단에 압력계를 배치하여 유량시험의 신뢰도를 확보한다.

(4) 유량조절부

- 0.0028 ~ 33 Nm<sup>3</sup>/h의 범위를 포함하도록

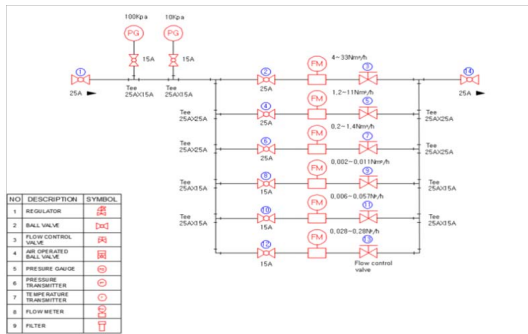


Fig. 4. P&ID(Flow control part)

Table 5. Operation method(Flow control part)

동작 방법	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 시험 전 모든 밸브 Close</li> <li>• ①번 밸브 Open, 100kPa 압력계이지 시험압력 확인</li> <li>• 10kPa 압력계이지 확인</li> </ul>	
4 ~ 33 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ②번 밸브 Open</li> <li>- ③번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 4 ~ 33Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
1.2 ~ 11 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ④번 밸브 Open</li> <li>- ⑤번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 1.2 ~ 11Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
0.2 ~ 1.4 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ⑥번 밸브 Open</li> <li>- ⑦번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 0.2 ~ 1.4Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
0.028 ~ 0.28 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ⑧번 밸브 Open</li> <li>- ⑨번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 0.028 ~ 0.28Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
0.006 ~ 0.057 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ⑩번 밸브 Open</li> <li>- ⑪번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 0.006 ~ 0.057Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
0.002 ~ 0.011 Nm <sup>3</sup> /h 시험 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ⑧번 밸브 Open</li> <li>- ⑨번 유량조절밸브 시험 유량으로 조절</li> <li>- 0.002 ~ 0.011Nm<sup>3</sup>/h 유량계확인</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ⑭번 밸브 Open</li> </ul>	

록 6개의 유량계와 유량조절밸브를 병렬로 연결한다.

- 유량계와 유량조절밸브를 교체하지 않고도 시험 유량에 맞는 유량계를 밸브조작으로 선택하여 연속적으로 시험이 가능하도록 한다.

(5) 시험제어부

- 3개의 시험라인에 각각 1대의 데이터로거(GL240)을 설치하여 개별시험이 가능하며 3개의 데이터로거를 1개의 PC에 연결하여 한번에 모니터링이 가능하다.
- 내장 4GB 메모리로 장기간 데이터 수록이 가능하고, PC와 연결하면 전용 소프트웨어(GL100\_240\_840APS)로 저장된 데이터를 확인할 수 있다.
- 기록 주기는 최소 0.01초부터 최대 1시간 간격까지 설정이 가능하다.
- 한영사의 타이머(GE4)를 사용하여 라인에 설치된 자동밸브를 일, 시, 분 단위 조작으로 조작 개폐할 수 있다.

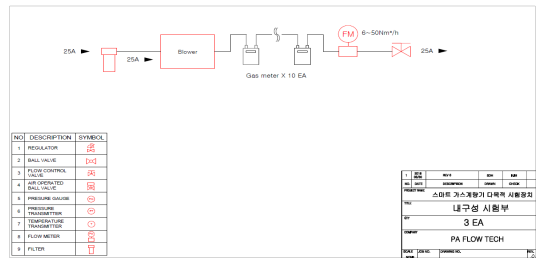


Fig. 5. P&ID(Durability test part)

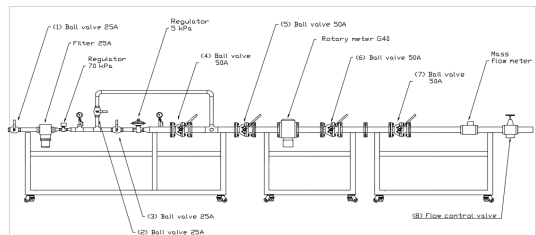


Fig. 6. Large flow rate test part

(6) 내구성시험부

- 1.7 ~ 16 Nm<sup>3</sup>/h의 유량시험이 가능한 2개의 라인과 5.7 ~ 40 Nm<sup>3</sup>/h의 유량시험이 가능한 1개의 라인으로 구성된다.
- 최대유량에서 1,200시간 이상 사용하더라도 내구성이나 성능에 문제가 없도록 충분한 내구성을 가진 유동 발생장치를 사용한다.
- 외부에서 압축공기의 공급이 없어도 자체적으로 내구성 시험이 가능하다.

(7) 대유량시험부

- 볼밸브를 사용하여 유체 흐름을 제어하며, 0.5 ~ 70 kPa의 압력을 공급한다.
- 25A부터 40A 규격의 가스연결구를 가진 시료를 연결할 수 있도록 설계되었다.
- 산업용 계량기의 크기와 무게를 고려하여 유량측정부와 유량조절부 사이에 계량기를 연결할 수 있다.

2.4. 성능시험

「KGS FU551 PC14 누출점검용 가스계량기 성능인증 기준」에 따라 차단기능이 없는 스마트가스미터의 성능시험을 수행한다.

(1) 성능시험 환경구성

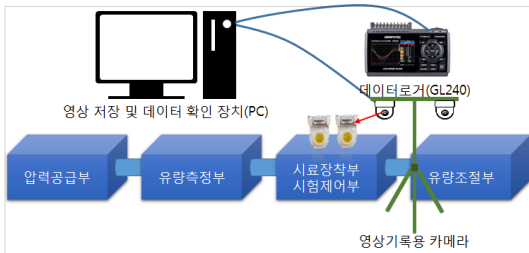


Fig. 7. Configuration of the test environment

(2) 미사용 중 수시누출점검시험

미사용 중 수시누출점검시험은 미사용 중 모드에서 미소 가스누출부터 다량가스누출을 90초 이내에 또는 누적누출량이 0.0037m<sup>3</sup>을 초과하기 전에 누출확인표시를 하는지 확인하는 시험이다. 또한, 미사용 중 수시누출점검기

능은 통상 사용 시에 영향을 미치지 않아야 한다.

(3) 사용 중 미소유량 누출시험

통상의 사용상태에서 0.02 m<sup>3</sup>/h 이하가 누출되어 누적누출량이 0.024 m<sup>3</sup>를 초과하기 전에 누출확인표시를 하는지 확인하는 시험이다.

(4) 사용 중 대유량 누출시험

통상의 사용상태에서 최대사용유량(Qmax)의 1.1배가 되는 대유량 누출이 발생하여 누적누출량이 0.024m<sup>3</sup>를 초과하기 전에 누출확인표시를 하는지 확인하는 시험이다.

Table 6. Occasional leak test when not in use

시험 방법
1) 공기 또는 불활성가스로 0.02 ml/h의 유량을 흘렸을 때 90초 이내에 누출확인표시가 되는지 확인
2) 최대사용유량, 중간유량, 0.02 ml/h 미만의 유량을 흘렸을 때 누출확인표시를 하기까지 시간을 측정하고 그때 누적누출량이 0.0037 ml 이하인지 확인
3) 누출확인표시 후 1시간 이상 유량을 흘리지 않을 때 표시가 해제되지 않는지 확인
4) 누출확인표시 후 1시간 이상 0.06 ml/h의 시험유량을 흘렸을 때 표시가 해제되지 않는지 확인
5) 누출확인표시 후 복귀 동작을 실시하여 표시가 해제되는지 확인
6) 누출확인표시 후 복귀 동작을 실시하고 통상의 사용상태에서 1시간 이상 0.06 ml/h의 시험유량을 흘렸을 때 미사용 중 수시누출점검기능이 동작하지 않는지 확인



Fig. 8. Flowchart for occasional leak test when not in use



Fig. 9. Flowchart of leak test during use

**Table 7.** Micro flow leak test method during use

시험 방법	
1) 공기 또는 불활성가스로 0.003 m <sup>3</sup> /h의 유량을 연속적으로 흘릴 때 8시간 이내에 누출확인표시를 하는지 확인	
2) 누출확인표시 후 0.2 m <sup>3</sup> /h 초과 유량을 1시간 이상 흘려 누출확인표시가 해제되지 않는지 확인. 또한 누출확인표시 후 1시간 이상 유량을 흘리지 않을 때 누출확인표시가 해제되지 않는지 확인	
3) 누출확인표시 후 복귀 조작으로 누출확인표시가 해제되는지 확인	
4) 0.01 m <sup>3</sup> /h의 유량과 0.06 m <sup>3</sup> /h 이상의 유량을 30분씩 반복 실시 후 누출확인표시를 하는지 확인	
유량(m <sup>3</sup> /h)                      유량 변경은 30초 이내로 함. 	
5) 0.06 m <sup>3</sup> /h의 유량과, 유량을 흘리지 않는 상태를 10분씩 5회 이상 반복 실시 후 누출확인표시를 하지 않는지 확인	
유량 (m <sup>3</sup> /h)                      유량 변경은 30초 이내로 함. 	
6) 0.02 m <sup>3</sup> /h의 유량을 연속으로 흘릴 때 1시간 12분 내에 누출확인표시를 하는지 확인	

**Table 8.** Large flow leak test method during use

시험 방법	
1) 최대사용유량(Qmax)의 1.1배의 유량을 흘렸을 때 제조사에서 정한 누출확인표시를 하는지 확인한다. 누출시작부터 누출확인표시가 발생한 시점까지의 누적누출량이 0.024 m <sup>3</sup> 이하인지 확인	
2) 누출확인표시 후 최소사용유량(Qmin)과 최대사용유량(Qmax) 사이의 임의유량을 연속하여 1시간 이상 흘렸을 때 표시가 해제되지 않는지 확인	
3) 누출확인표시 후 1시간 이상 유량이 흐르지 않을 때 누출확인표시가 해제되지 않는지 확인	
4) 복귀 조작으로 누출확인표시가 해제되는지 확인	

**Table 9** Cold/Heat resistance test

시험 방법	
1) 『계량에 관한 법률』에 따른 형식승인서의 사용 온도 범위 표시 중 최저온도/최고온도로 항온조에 1시간 방치 한 후 균열, 변형 등을 육안으로 확인하고 10분 이내에 0.02 m <sup>3</sup> /h의 유량을 흘렸을 때 90초 이내에 누출확인표시를 하는지 확인	



**Fig. 10.** Flowchart of Cold/Heat resistance test

**Table 9.** Method of durability test

시험 방법	
1) 사용최대유량의 1,200시간에 상당하는 체적의 공기나 불활성가스를 3,500시간 이내로 흘린 후 0.02 m <sup>3</sup> /h의 유량을 흘렸을 때 90초 이내에 누출확인표시를 하는지 확인	



**Fig. 11.** Flowchart of durability test

(5) 내한성능/내열성능 시험

통상의 사용상태에서 온도변화로 인해 사용에 영향을 받지 않는지 확인하기 위한 시험이다.

(6) 내구성시험

가스미터가 충분한 내구성을 가졌는지 확인하는 시험이다.

**III. 결론**

무선통신을 이용한 원격 차단 기능이 없는 스마트가스미터의 누출감지 기능에 대한 유효정확도를 향상하기 위한 시험평가 장치를 사용하여 「KGS FU551 PC14 누출점검용 가스계량기 성능인증 기준」의 누출시험 위주로 진행되었다.

차단기능이 없는 스마트가스미터의 성능인

중 시험의 경우에는 가스미터에 표기되는 유량의 적산량과 성능인증시험 시작품에서 수집되는 유량의 적산량을 비교하여 누출점검 성능과 가스미터의 계량 성능을 확인하게 된다. 따라서 스마트가스미터가 기계식이 아닌 전자식 압력센서 혹은 초음파 센서 등을 내장하여 누출 상태를 다른 측정 값으로 표시할 수 있더라도 유량으로 환산하여 가스미터의 전면에 적산량을 표시해야 한다.

현재 무선 통신 기능을 포함한 스마트가스미터의 무선통신 성능을 시험할 수 있는 시작품을 제작 중이며, 이후 시작품의 평가 실증 운용에 따라 시험평가 항목(원격 검침, 원격 차단 등) 및 시험방법(수신감도, 인접채널선택성, 패킷 수신, 정합시간 등)을 제시함으로써 평가 운용을 최적화하고자 한다.

### 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 재원으로 에너지기술평가원(KETEP)의 에너지기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다. (No. 20172010105470)

### REFERENCES

- [1] Kwon, Y. M., Lee, S. S., Song, M. H., "Study on Smart Metering Service Architecture for Gas AMI." *The Korean Society for Energy Conference*, 48-48, (2018)
- [2] Oh, J. S., "A Study on Performance Test Method for Wireless Gas Safety Equipment." *Journal of The Korean Institute of Gas*, 22(5), 72-78, (2018)
- [3] Oh, D. S., Oh, J. S., and Lee, J. H., "Development of Wireless Module Test Equipment for Gas Safety Devices Performance.", *Advanced Science and Technology Letters*, 146, 81-87, (2017)
- [4] Lee, M. J., "Big Data and the Utilization of Public Data.", *Internet and Information security*, 2.2, 47-64, (2011)
- [5] Jung, S. M., Lee, J. H., Kim, J. H., "Trends in IoT-based Global Smart City Technology Development.", *Journal of Communications and Networks(Information and Communication)*, 34(9), 19-23, (2017)