

# 중·소형 소각시설의 최적운전과 유지보수기술 <상>

## 윤 학 상

(주)대경크리코 사업2팀 이사

### 목 차

- 1. 중·소형 소각로의 최적운전을 위한  
선택조건
- 2. 최적운전을 위한 운전방법 및 유지  
보수
- 3. 최적 운전을 위한 설치시 고려사항

## 1. 중·소형 소각로의 최적운전을 위한 선택조건

- ◎ 소각장은 항상 청결하고 쾌적한 환경유지.
- ◎ 폐기물 종류 및 성상에 맞는 적절한 소각로와 방지시설을 갖출 것.
- ◎ 시공사로부터 충분한 운전교육을 받을 것.
- ◎ 운영자가 운전관리하기 위해서는 전문적인 지식과 기술을 갖추어야 한다.
  - 모든 공정을 숙지할 능력의 기술자.
  - 공해방지에 대처하기 위한 분석능력 확보  
(쓰레기질, 소각상태, 배가스농도 등)
  - 문제점 발생시 원인분석과 상부에 정확한 보고능력 소유자.

## 2. 최적운전을 위한 운전방법 및 유지보수

### 1. 운전준비

- 운영기준
  - 정상가동
  - 최적운동을 위한 준비

### ■ 운영방법

- 보조연료, 급수, 전력량, 각종 약품량을 가동전을 겸

침하여 가동후 폐기물 투입량과 가동시간을 계산하여 운전상태를 Checking 할 수 있도록 한다.

(연속운전일 경우 주기적으로 Checking)

· 1, 2차 연소실을 포함하여 방지시설, 투입시설, 재처리설비의 각종 맨홀 및 Door의 잠김상태 및 누기상태를 점검한다.

(기타 주공정의 모든 부분의 누기를 Checking 한다)

### <누기발생시 문제점>

가. O<sub>2</sub>량 과다로 불완전연소 발생

나. 노내압 감소로 소각량 감소

다. 연소실 냉각으로 보조연료 사용 증가

라. 유인 FAN 가동량 증가로 전기사용량 증가

마. 불완전 연소 및 가스량 증가로 백차압 증가 및 소손

바. 각종 누기된 후단 부위 저온부식 유발

· 댐퍼류, 밸브류, 보조연료라인 등의 개폐여부와 급수 탱크, 보일러, 방지시설 급수상태등 정상상태 점검

· 여과포 차압상태를 확인후 정상인 상태에서에서만 가동 한다.(비정상인 경우에서 조치를 취한 후 소각)

· 여과집진기가 외부에 설치되어 있는 경우에는 여과포가 결로에 의해 젖어 있는지 확인. 이때 젖은 경우 건조후에 가동할 것(종이, 목재, 보조연료 이용)

(보조연료를 건조시 미연카본이 부착할 수 있으므로 소석회 Pre-coating을 반드시 실시)

· 가동시에는 PLC등 자동제어시스템에 의한 자동운전을 원칙으로 하며 다음사항을 준수해야 함.

### <가동운전 Start Flow Time 입력시 준수사항>

가. 모든 구동부는 단계적으로 가동(기동부하에 의한 전력소모방지)

나. 2차실 출구가 800℃ 이상 승온 후 투입문 가동

다. 정상 소각 약 20분후에 여과집진기 Pulsing할 것

(Pre-coating한 소석회가 버너의 미연카본과 초기운전시 발생하는 불완전연소 가스로부터 여과포 보호)

라. 모든 유압설비와 댐퍼, 각종탱크의 수위등이 정상 위치에서만 Start할 수 있게 한다.

마. F.D FAN은 최초 폐기물 투입후 최소 10분후에 가동한다.(초기에는 과잉공기공급 및 연소실 냉각을 예방 위해)

· 비연속운전일 경우는 전일 소각한 바닥재 및 비산재는 모두 제거한다.(호퍼에 연소잔재 제거)

## 2. 폐기물

### ■ 운영기준

폐기물 균질화

- 적정 발열량 유지

### ■ 운영방법

· 최대한 분리수거하여 가연성만 소각

· 화상이 짧은 관계로 음식물 및 다량의 수분하량 폐기물 소각금지

· 폐기물의 파쇄 및 파봉(투입구가 한정되어 있어 부피가 큰 폐기물은 투입곤란)

· 소각대상폐기물은 소각시 분해속도가 다르므로 항상 혼합한다.

· 당일 반입한 폐기물은 당일 소각처리를 원칙으로 한다.

## 3. 투입시설

### ■ 운영기준

안정적인 운영과 정량투입

### ■ 운영방법

· 투입횟수는 10회/hr이상 투입할 것

(중·소형소각로이 1차 연소실 특성상 소량의 폐기물을 다수의 횟수로 분할 투입시 가장 안정적임)

- 투입호퍼 및 투입슈트, 투입함은 필요 이상의 큰 Size로 제작하지 말 것(과잉투입의 원인)
- 투입크레인은 가능한 Load Cell을 부착하여 투입량을 누적 계산하고 1회 투입량을 Checking 할 수 있도록 한다.
- 투입문은 기밀유지를 철저히 하며 가능한 2중 투입문 구조로 한다.(O<sub>2</sub>량이 과다시 불완전연소 발생)
- 투입시점은 1차 연소실 또는 2차 연소실 출구온도 제어를 받는 것이 좋다.
- 연소실의 단계가 건조영역, 연소영역, 후연소영역등 나뉘어 있으나, 실제로는 공간이 한정되어 있고, 폐기물 등이 있어 적절한 완전연소가 이루어지지 않는 경우가 있으므로 폐기물 반입시 또는 투입설비(크레인 등)등으로 균질하게 혼합하여 투입.

#### 4. 1, 2차 연소실

##### ■ 운영기준

- 안정적인 연소 및 완전연소
- CO를 최소치로 유지(10ppm이하)
- 출구온도 850℃이상 유지
- 2초이상 체류
- 노내압 부압유지

##### ■ 운영방법

- 투입된 폐기물은 순간적으로 연소되지 않도록 운전한다.
- ⇒ 불완전연소가스 다량 발생  
(건조단의 연소공급공기량 조절, 화격자 속도 조절, 살수노즐 설치검토, 투입)
- 1, 2차 연소실 케이싱은 소각열에 의하여 배부름현상이 일어나지 않도록 튼튼하게 제작되어야 하며 용접부위나 접합부분의 누기를 막는다.  
(케이싱의 배부름현상에 따라 내화물 크랙현상과 탈리현상이 발생하며 또한 외부 케이싱의 열변형으로 기밀

유지를 방해한다)

- 연소가스 체류시간은 1초 이상 유지하도록 운전(가능한 2초 이상 유지)  
(미연소가스와 분진발생 감소에 효과)
- 노내압은 가능한 최대한 부압을 작게 유지한다.  
⇒ 유인 FAN과 제어(체류시간 연장 및 외부공기유입 억제, 비산분진 발생 감소)
- 2차 연소실 출구온도는 850℃ 이상 유지되도록 한다.  
(가동 전후에는 보조버너를 사용하며 정상운전 중에도 850℃이하가 되지 않도록 보조버너를 제어한다.)
- 출구온도를 950℃ 이상 운전시 오히려 불완전연소와 NOx가 발생하며 방지시설에 부하를 줄 수 있으므로 더 이상 올리지 않는 것이 좋다.
- 1, 2차 연소실 각 부위에 설치된 연소공급노즐은 내부에서 풍량 풍압을 측정하여 적절하게 Setting 후 소각한다.
- 크랭크 발생을 줄이기 위해서 적절한 교반과 충분한 연소시간을 갖도록 화격자 속도를 조정한다.(미연소에 의한 크랭크 방지)
- 크랭크 발생을 줄이기 위해서 후 연소부분의 하부 연소공기공급은 100℃ 이상 열교환된 공기를 공급한다.(소각재의 급냉에 의한 크랭크 방지)

#### 5. 냉각설비

##### ■ 운영기준

- 배가스의 적정온도 냉각
- 급속 냉각
- 비산재 퇴적방지

##### ■ 운영방법

- 냉각설비는 급수설비가 가장 중요하므로 급수공급 준비상태와 밸브 개도상태를 확인한다.(스팀 배출라인도 점검)
- 냉각수는 자주 교체한다.

· 중·소형 소각로에서는 출구온도를 200~250℃로 설계하고 있으며 출구온도가 높거나 낮을시에는 정량의 폐기물을 투입할 수 없으며 방지시설에 치명적인 손상을 주므로 폐기물 투입을 중지하고 다음과 같은 사항들을 점검하고 조치를 취한다.

#### <출구온도가 높을 경우>

- 가. 과량투입(소각된 배가스량이 과다)
  - ⇒ 투입량을 줄일 것
- 나. 고발열량 폐기물 다량 소각(분해속도가 긴 폐기물)
  - ⇒ 저발열량 폐기물을 혼합하여 투입
- 다. 수관내부 및 연관의부에 스케일 발생
  - ⇒ 세관 청소, 수처리설비 정상가동
- 라. 체류시간이 짧아 냉각설비까지 연소가 진행
  - ⇒ 소각로 보완 검토
- 마. 비산재 퇴적에 의한 가스접촉면적 감소
  - ⇒ 연소방법 개선 및 주기적 청소
- 바. 유속이 클 경우
  - ⇒ 노내압, ID FAN 개도상태, 과량투입등 점검

#### <출구온도가 낮을 경우>

- 가. 소각량 감소
  - ⇒ 적정량 투입 및 투입속도 증가
- 나. 다습성 폐기물 과량투입
  - ⇒ 고발열량 및 양질의 폐기물 혼합투입
- 다. 보일러 압력 감소
  - ⇒ 보일러 압력 증가
- 라. 순환량 과다
  - ⇒ 냉각매체의 과다 및 기타 에너지 사용과다 점검
- 마. 유속이 작은 경우
  - ⇒ 노내압 및 ID FAN 개도상태 및 여과포의 차압증가 점검
- 바. 보조버너상태 이상 및 열전대 소손

## 6. 준건식 세정기

### ■ 운영기준

유해가스 및 오염물질의 극소량배출

### ■ 운영방법

· 준건식세정기내에서 분사되는 노즐은 미립자형태로 분사되어 정상적으로는 물이 발생하지 않으나 세정탑이 부적절한 설계 및 운전관리 미숙으로 폐수가 발생하며 운전 전후에 온도저하로 인한 결로현상이 발생한다. 또한, 노즐이 자주 폐색되어 통과되는 가스의 온도상승으로 후단 시설에 문제가 발생하므로 운전중에는 다음과 같이 관리를 철저히 한다.

#### <준건식세정기 운영시 중점관리사항>

- 가. 가능한 액상을 사용
  - (소석회를 희석하여 사용시 325mesh 이상 사용)
- 나. Spray Nozzle은 주기적으로 노즐 막힘 확인
  - (의무적 시행)
- 다. 분사량은 온도에 의하여 자동제어 할 것
- 라. 스프레이 노즐은 현장에서 수동으로 점검 및 수리할 수 있도록 설비
- 마. 분사각도를 조절하여 세정기 내통 측부에 액이 흘러내리지 않도록 한다.
- 바. 외부에 설치된 경우에는 겨울철 배관이 결빙되지 않도록 주의
- 사. 분무상태를 반드시 무아상태로 분무하여 가스와 접촉이 원활하게 하며 수분이 발생되지 않도록 한다.

#### <운전 중 스프레이노즐 운영이 불가능할 경우 조치사항>

- 가. 폐기물투입량을 줄이고 활성탄공급장치 또는 소석회공급장치를 가동
- 나. 보조버너를 가능한 가동하고 고발열량 폐기물의 비

율을 낮춘다.

다. 여과포의 Pulsing 압력을 줄인다.

## 7. 여과집진기

### ■ 운영기준

유해가스 및 오염물질의 극소배출

### ■ 운영방법

· 여과집진기는 공정상 아주 중요한 부분이므로 중점 관리를 해야한다.

· 여과집진기는 저온부식 및 결로에 취약하므로 설치 시 외부 케이싱은 최소 6t 이상 제작한다.

· 외부는 반드시 보온을 하며 호퍼에는 반드시 히팅설비를 갖춘다. (특히, 상부 뚜껑과 타공판 상부 케이싱은 부식속도가 빠르므로 철저히 보온처리 한다)

· 여과포는 고가의 제품이며 각종 오염가스와 Dioxin 제거에 가장 큰 역할을 하므로 다음과 같은 부분을 중점 관리 해야 한다.

### 〈여과집진기 중점관리사항〉

가. 여과포의 차압상태는 운전초기부터 종료까지 주기적으로 Checking한다.

나. 운전전 소석회 Pre-coating을 반드시 실시한다.

다. Compressor의 Air Dryer는 반드시 정상 가동되어야 하며 펄스밸브 전단의 Air Header 내부에 수분이 누적되므로 정기적으로 수분을 제거한다.

라. 펄스밸브는 1개라도 고장시 전체가 가동되지 않으므로 수시 점검하며 예비품을 확보하여 둔다.

마. 인입운전온도를 140~180℃ 범위로 운전하도록 준건식세정기의 스프레이 노즐을 제어하며 특히, 180℃가 넘지 않도록 한다.

바. 로타리 V/V는 기밀을 유지토록 하며 비산재는 노출시 작업환경을 저해하므로 청결하게 처리하도록 한다.

사. 여과포는 수분에 약해 수분에 노출될 경우 분진과 섞여 여과포의 눈막힘 현상을 초래하므로 수분 유입을 주의한다.

여과포 수분 유입원인(스프레이노즐 분무상태 불량시, 다습성 폐기물 소각시, Compressor응축수 유입, 결로, 보일러의 누수 등)

아. 후단 유인송풍기의 최대 풍량 및 풍압이 너무 크면 여과포의 치명적인 손상을 주므로 송풍기 풍압의 최대치를 제어한다.

· 여과포의 펄스타임, 펄스주기 및 펄스압력 등은 폐기물 성분, 여과포의 상태, 운전시간에 따라 조절을 해야 한다.

### 〈여과집진기 문제점 발생 및 조치사항〉

가. 정상차압(20~120mmAq)보다 높을 경우

(여과포 소손이 가중되고 정량소각 불능)

⇒ 펄스타임과 펄스압력을 높이며 펄스주기를 줄인다.

(각각의 펄스밸브 작동유무 확인)

⇒ 폐기물의 투입이 과량일 경우 투입량을 줄인다.

⇒ 각종 점검문의 누기상태 확인

⇒ 준건식세정기의 노즐 분무상태 확인

⇒ 폐열보일러의 소각재 퇴적에 의한 압력손실

⇒ ID FAN 및 폐열보일러 댐퍼 개도상태 확인

⇒ 각 공정상 전후단 압력손실 이상 Checking

나. 인입온도가 140℃ 이하일 경우

⇒ 준건식세정기의 분무량 축소한다.(여과포에 수분 유입가능, 산성가스 등 오염물질 제거가능 감소)

⇒ 소각로 출구온도가 낮을 경우에는 소각량을 늘리거나 보조연료를 사용한다. ⇒ 각 부위의 외기공기유입

다. 인입온도가 180℃이상일 경우

⇒ 190℃ or 200℃정도에서 비상운전에 돌입하며 강압송풍기와 투입문을 차단하고 원인 분석한다.

⇒ 준건식세정기 분무노즐 막힘확인(중·소형에서는 노즐분무량에 따라 크게 영향을 줌)

⇒ 폐기물 투입량 감소

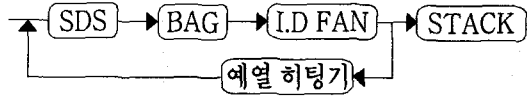
라. 여과포가 젖어 운전이 불능인 경우

⇒ 유인송풍기는 15%이상 개방하지 말 것

⇒ 종이, 목재나 보조연료로 건조하여 털어낸다.

(통풍력이 안생겨 건조를 할 수 없는 경우에는 여과포 1~2개를 제거한다. 따라서 소량의 예비품을 항상 준비하여 둔다)

설이 외부에 설치되어 있는 경우가 많다. 겨울철에 운전 종료후 결로에 의한 수분과 잔류 배가스가 반응하여 부식을 가중시키므로 히팅설비를 설치하여 순환시키는 것이 좋다.



### 8. 뿜풍시설

#### ■ 운영기준

정상운전

- F.D 및 I.D FAN의 안정적인 가동

- 각종 닥트 및 연들의 부식방지

#### ■ 운영방법

· F.D 및 I.D FAN도 공정상 중요하며 작업장 환경을 고려해서 저소음 모터(벨트구동형)를 사용하며 F.D FAN은 흡입측에는 Siencer를 부착해서 소음을 줄인다.(모터는 4P이상 사용)

· 특히, I.D FAN 예비품을 설치하여 비상시 조치가 가능하는 것이 좋다.

· I.D FAN은 1차 연소실 노내압의 제어를 받으며 인버터 구동방식이나 Motural Damper 구동방식을 택한다.

· 연들은 부식에 강한 재질로 코팅처리하거나 내산 내식에 강한 재질로 설치한다. SS400이나 STS 재질로 할 경우에는 최대한 두께를 큰 것으로 한다.

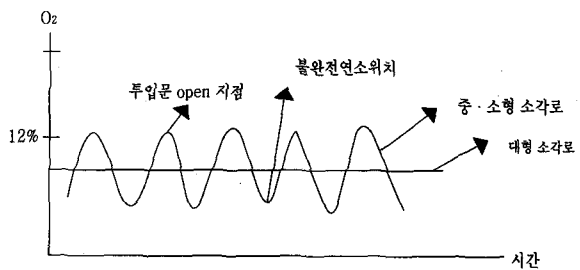
#### ■ 운전중 오염도 분석

· 가스분석기(20ton/day 이상은 TMS 설치)를 의무적으로 비치하여 운전중에는 주기적으로 측정하고 운전 일지에 기록한다.

· 오염도 분석으로 다음과 같이 운전상태를 분석할 수 있다.

#### <O<sub>2</sub>>

가. 중·소형 소각로에서는 화상면적에(화상길이가 짧음)에 비하여 1회 투입량이 많고 폐기물이 건조하고 양질인 관계로(급속하게 연소됨)투입후 다음 투입때까지 O<sub>2</sub>량은 일정한 사이클을 그리게 된다.



### 9. 기타

#### ■ 운영기준

저온부식방지

#### ■ 운영방법

· 중·소형 소각로에서는 비연속운전을 하거나 방지시

나. 따라서 O<sub>2</sub>량이 부족함을 감안하여 연소공기공급량을 Setting하기는 어려우며 소량의 균일한 폐기물을 자주 투입해야 불완전 연소를 최소로 줄일 수 있다.(O<sub>2</sub>계 어센서 부착 검토)

<CO, ppm>

- 가. 연소실 출구온도가 너무 높거나(1,000℃ 이상) 낮을시(800℃ 이하) 불완전 연소로 발생
- 나. 고발열량의 폐기물을 집중투입시 동시에 열분해되어 O<sub>2</sub>량 부족으로 발생
- 다. 폐기물 투입량 과다로 O<sub>2</sub>량이 부족하여 발생
- 라. 체류시간이 짧을 경우 발생
- 마. 혼합폐기물은 투입시 가장 적게 발생
- 바. 화격자의 작동이 원활하지 않거나 연소실 내부의 분위기를 갑자기 바꿀 경우

<NOx, ppm>

- 가. 가축류나 P.E, 섬유등이 많을 경우 발생
- 나. 중·소형 소각로에서는 양질의 폐기물이 순간적으로 동시에 연소시 발생

■ 소각장 청결유지

- 중·소형 소각로에서는 “쓰레기 소각장”이라는 혐오 시설로 인식하여 외부인이 접근을 꺼리거나 관심이 부족하다보니 운전자나 관리자가 자포자기식으로 소각설비 및 주변환경을 지저분하게 관리하는 경우가 많다.
- 따라서, 보수점검이 소홀하게 되고 빈번한 고장으로 가동률 감소, 수명단축, 환경오염물질배출, 예산낭비 등 많은 문제를 유발한다.
- 최적운전을 위해서는 소각설비 및 주변환경을 청결하게 유지관리 하는 것이 가장 기본이라 생각하며 다음 사항을 준수한다.

<청결한 관리를 위해 선결조건>

- 가. 운전 전후에는 반드시 소각장 바닥 및 소각설비를 청소한다.
- 나. 소각장 바닥은 에폭시 이상의 설비를 한다.

- 다. 바닥청소는 대걸레로 하여 먼지가 없도록 한다.
- 라. 소각장은 환기를 할 수 있는 건축설비를 한다.
- 마. 각종 청소기를 비치하여 소각설비에는 먼지와 분진이 없도록 한다.
- 바. 바닥재와 비산재는 외부에 노출이 되지 않도록 설비한다.
- 사. 당일 반입한 폐기물을 당일 처리함을 원칙으로 한다.

■ 운영기준 유지관리, 보수

- 폐기물의 적정처리
- 시설의 기능을 항상 최적상태 유지
- 환경보전

■ 운영기준

● 쓰레기 소각처리시설의 유지관리는,

- 가. 시설의 설계기능대로 합리적이고 안전한 성능이 향시 발휘되도록 적절한 방법으로 운전관리
- 나. 시설의 기능저하 방지를 위한 충분한 보수점검 실시로 기기의 정상능력 발휘
- 다. 이러한 적정 운전관리로 2차 오염물질 발생방지 노력등이 기본 목적이라 할 수 있다.

● 유지관리의 기본업무

- 가. 소각처리시설의 운전을 계통적으로 실시하는 운전관리 및 기술상의 업무
- 나. 지속적인 가동에 따른 보수점검, 정비업무
- 다. 공해방지에 대처하기 위한 분석업무(쓰레기 성분, 배가스농도 등등)
- 라. 일상적인 운전시 운전상황 및 각종 데이터 기록 분석업무
- 마. 예측되는 보수 및 정비의 예산확보 집행업무

- 일상 운전시 다음과 같은 항목을 기록 및 분석하여 소각시설을 적정 유지 관리를 해야 한다.

가. 쓰레기질 관리-수분, 비중, 성분조성, 발열량, 원소 분석

나. 소각재 관리-바닥재(불연물, 가연물), 비산재

다. 투입량 관리-1회투입량, 시간 및 일일 투입량

라. 압력관리-로내압, 보일러(스팀 및 연소가스압력), 준건식세정기, 여과집진기 차압, 유인송풍기 전단등

마. 온도관리

- 1, 2차 연소실, 보일러 준건식세정기, 여과집진기, 연돌등 각부분 온도.

바. 에너지 관리

- 보조연료사용량, 전력사용량, 급수사용량, 보일러급수량(증발량)등

사. 배가스 관리

- O<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, DUST, 기타등

아. 약품관리

- 활성탄, 소석회(액상 및 분말), 기타등

### ■ 운영관리

· 운영관리는 시공사 운영, 전문업체 위탁운영, 지자체 공무원 운영 3가지 방안이 있으나, 소각로 산업의 기술 발전을 위해서는 시공업체가 운영하는 것이 바람직하다고 사료됨(자체기술의 문제점, 개선사항, 새로운 기술개발도모)

다음호에 계속

## 환경퀴즈 정답 및 풀이

### 문제 51. ④ 해설

○ 물은 수소와 산소가 화학적으로 결합된 액체(H<sub>2</sub>O)임.

### 문제 52. ② 해설

○ 섬지역에 거주하는 사람중 안정적인 수돗물을 공급받는 주민은 약 22%에 불과하여 단기간의 가뭄에도 생활용수가 고갈되어 매년 상습적인 식수난을 겪고 있음. 이에 따라 정부는 도서지역의 물 문제를 해결하기 위해서 바닷물의 염분을 제거해 민물로 만드는 해수담수화 사업을 추진하고 있음.

### 문제 53. ① 해설

○ 지구에 있는 물의 양은 총 13억8천6백만㎥ 정도이며 이중 96.5%인 13억 4천만㎥이 바닷물이고 담수는 3천5백만톤으로 2.5%에 불과함. 또한 담수총량 3천5백여만㎥중 69.56%가 빙산·빙하의 형태로 이루어져 있으며, 지하수가 30.1%이며, 0.34%인 1백만㎥가 호수나 늪, 하천등의 지표수와 대기층에 존재하고 있음.

### 문제 54. ① 해설

○ 지구에 있는 13억8천6백만㎥ 중 우리가 이용할 수 있는 지하수는 0.76%, 하천·호수는 0.0075%에 불과함.

### 문제 55. ② 해설

○ 인구행동연구소(Population Action International)에서는 1인당 사용가능한 물의 양을 기준으로 세계각국을 "물기근국가군", "물부족 국가군", "물풍요 국가군"의 3가지 유형으로 분류하고 있음.

○ 이 분류를 따를 때 "물기근 국가군"은 1인당 사용가능한 물의 양이 매년 1,000㎡ 미만인 국가를 말하며 쿠웨이트, 사우디아라비아, 케냐, 알제리 등 주로 중동과 아프리카 국가들이 속해 있음. "물부족 국가군"은 1인당 사용가능한 물의 양이 매년 1,000㎡~1,700㎡인 국가로서 우리나라를 포함하여 리비아, 모로코, 이집트 등의 나라가 속해 있음. "물풍요 국가군"은 1인당 사용가능한 물의 양이 1,700㎡이상인 국가로서 벨기에 등 120개 국가가 해당됨.

### 문제 56. ② 해설

○ 우리나라 국민의 하루 사용량은 388ℓ로서 영국 323ℓ, 프랑스 281ℓ, 독일 132ℓ, 일본 357ℓ 등에 비하여 월등히 높은 수준임.

### 문제 57. ②

### 문제 58. ④