

SPSPSPSP
SPSPSPS
SPSPSP
SPSPS
SPSP
SPS

SPS-C KBIA-11004-01-
7619

SPS

해수이차전지 — 셀 시험방법
SPS-C KBIA-11004-01-7619:2024

한국배터리산업협회

2024년 06월 10일 제정

심 의 : 한국배터리산업협회 단체표준심사위원회

	성 명	근 무 처	직 위
(위원장)	안 상 용	비티알씨	대 표 이 사
(위 원)	권 오 준	SK온	P M
	남 경 완	동국대학교	교 수
	남 대 호	LG에너지솔루션	전 문 위 원
	송 준 호	한국전자기술연구원	수 석
	오 성 환	에이코	대 표 이 사
	이 명 훈	한국화학융합시험연구원	팀 장
(간 사)	조 민 영	한국배터리산업협회	책 임

원안작성협력 : 한국배터리산업협회 해수전지 W.G

	성 명	근 무 처	직 위
(위원장)	한 진 협	계명대학교	교 수
(위 원)	김 남 훈	MET solutions	이 사
	김 용 일	가천대학교	교 수
	김 재 근	한국기계전기전자시험연구원	센 터 장
	김 종 립	한국조선해양기자재연구원	선 임
	박 정 선	포투원	연 구 소 장
	신 경 희	한국에너지기술연구원	책 임
	이 왕 근	울산과학기술원	교 수
	장 동 찬	씨텍	부 장
	장 봉 석	씨앤캡	연 구 소 장
	전 성 준	HCT	과 장
	천 진 녕	한국세라믹기술원	선 임
(간 사)	안 윤 형	한국배터리산업협회	전 임

표준열람 : e나라표준인증(<http://www.standard.go.kr>)

제정단체 : 한국배터리산업협회
 제 정 : 2024년 06월 10일
 심 의 : 한국배터리산업협회 단체표준 심사위원회
 원안작성협력 : 한국배터리산업협회 해수전지 W.G

이 표준에 대한 문의사항이 있을 시 e나라표준인증 웹사이트에 등록된 표준담당자에게 연락 바랍니다.

이 표준은 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진운용 요령 제11조의 규정에 따라 매3년마다 확인, 개정 또는 폐지됩니다.

목 차

머 리 말	ii
1 적용범위	1
2 인용표준	1
3 용어와 정의	1
4 시험조건	3
4.1 일반.....	3
4.2 측정 기기.....	3
4.3 허용오차	4
5 시험항목과 목적.....	5
6 시험방법	5
6.1 일반사항	5
6.2 성능 시험방법	7
6.3 안전 시험방법	10
6.4 환경 시험방법	10
부속서 A (참고) 해수이차전지 셀 구조와 이해	12
부속서 B (참고) 부식 시험방법	14
SPS-C KBIA-11004-01-7619:2024 해 설	15

머 리 말

이 표준은 한국배터리산업협회에서 원안을 갖추고 산업표준화법 시행규칙 제19조 및 단체표준 지원 및 촉진 운영 요령에 따라 한국배터리산업협회 단체표준 심사위원회를 거쳐 제정한 단체표준이다.

이 표준은 내용 일부 또는 전부는 저작권법에 따른 보호대상이 되는 저작물이 될 수 있다.

이 표준의 내용 일부 또는 전부가 ISO·IEC 등에서 제정한 표준을 참고하여 제정 또는 개정된 경우, 해당 표준의 저작권을 보유하고 있는 ISO·IEC 등의 저작권 보호 규정 등에 따라 보호되어야 한다.

이 표준의 일부가 기술적 성질을 가진 특허권, 출원공개 후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 저촉될 가능성이 있다는 것에 주의를 환기한다. 한국배터리산업협회장과 단체표준 심의회는 이러한 기술적 성질을 가진 특허권 출원공개 후의 특허출원, 실용신안권 또는 출원공개 후의 실용신안등록출원에 관계되는 확인에 대하여 책임을 지지 않는다.

해수이차전지 — 셀 시험방법

Secondary seawater battery — cell test method

1 적용범위

이 표준은 해수의 소듐 이온을 이용하여 전기에너지를 저장하는 50 Wh 이하 해수이차전지 셀의 성능과 안전성, 환경신뢰성을 검증할 수 있는 시험방법에 대하여 규정한다.

이 표준은 해수에 담겨 사용되는 스마트 부이, 구멍조끼와 같은 해양 용품의 에너지원인 해수이차전지 셀에 적용될 수 있다.

2 인용표준

다음의 인용표준은 전체 또는 부분적으로 이 표준의 적용을 위해 필수적이다. 발행연도가 표기된 인용표준은 인용된 판만을 적용한다. 발행연도가 표기되지 않은 인용표준은 최신판(모든 추록을 포함)을 적용한다.

KS C IEC 60050-482, 국제전기기술용어 — 제482부: 일차 및 이차전지 셀과 전지

KS C IEC 61434, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 — 알칼리 이차전지 셀 및 전지의 전류 표시법

KS C IEC 61960-3, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 — 휴대기기용 리튬이차전지 셀 및 전지 — 제3부: 각형 및 원통형 리튬이차전지 셀 및 이로 구성된 전지

KS C IEC 62619, 알칼리 또는 기타 비산성 전해질을 포함하는 이차전지 셀 및 전지 — 산업용 리튬이차전지 셀 및 전지의 안전 요구사항

KS D ISO 8044, 금속 및 합금의 부식 — 기본용어 및 정의

KS I ISO 10253, 수질 — 해조류 성장 억제 시험방법

3 용어와 정의

이 표준의 목적을 위하여 다음의 용어와 정의를 적용한다.

3.1

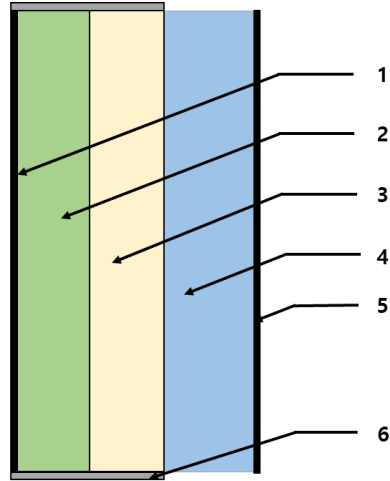
해수이차전지(secondary seawater battery)

해수의 소듐 이온(sodium ion)을 이용하여 전기에너지를 저장하는 이차전지

3.2

해수이차전지 셀(secondary seawater battery cell)

해수이차전지를 구성하는 단위로 그림 1과 같이 해수 전기화학반응을 위한 용도의 양극부와 고체 전해질 막에 의해 해수와 물리적으로 분리된 음극부로 구성된 셀(부속서 A 참조)



식별부호

- 1 음극 집전체(anode current collector)
- 2 액체 전해질(liquid electrolyte)
- 3 고체 전해질 막(solid electrolyte membrane)
- 4 해수(seawater)
- 5 양극 집전체(cathode current collector)
- 6 프레임(frame)

그림 1 — 해수이차전지 셀 구조 예시

3.3

해수(seawater)

천연 해수 또는 용해된 염화소듐과 청수를 질량 기준 3.5%까지 희석시켜 만든 인공 해수

비고 인공 해수는 KS I ISO 10253:2006, 표 1을 참조한다.

[출처: KS V ISO 24408, 3.4 수정]

3.4

정격 용량(rated capacity)

규정된 조건하에서 결정되거나 제조자의 표기에 의해 결정된 셀 용량

[출처: KS C IEC 60050-482, 482-03-15]

3.5

고체 전해질 막(solid electrolyte membrane)

해수와 음극 사이에 위치하여 Na^+ 이온만을 선택적으로 이동시키는 고체 형태의 막

3.6

고체 전해질 막 표면적(solid electrolyte membrane surface area)

해수이차전지 고체 전해질 막 중 외부로 드러나고 해수와 실제로 접촉할 수 있는 표면적

3.7

유속(flow velocity)

단위 시간에 유체가 흘러간 거리

3.8**충전 종료 전압(end-of-charge voltage)**

전지의 충전 종료를 규정하는 전압

3.9**방전 종료 전압(end-of-discharge voltage)**

전지의 방전 종료를 규정하는 전압

[출처: KS C IEC 60050-482, **482-03-30**]

3.10**주위 온도(ambient temperature)**

시험대상 주위의 매질 온도

3.11**부식(corrosion)**

금속, 세라믹 등과 그 주변의 환경의 물리 화학적 상호 작용으로 인한 금속, 세라믹 등의 성질 변화

비고 이로 인해 금속, 세라믹 등과 환경 또는 기술 시스템 전체 또는 일부의 기능에 심각한 손상이 유발될 수 있음

[출처: KS D ISO 8044, **2.1**, 수정]

4 시험조건**4.1 일반**

측정에 사용된 기기의 상세 사항은 결과보고서에 반드시 기록하여야 한다.

4.2 측정 기기**4.2.1 측정 기기의 범위**

사용되는 측정 기기는 측정할 전압, 전류 값과 온도를 잘 나타낼 수 있어야 한다. 측정 기기의 범위와 측정방법은 각 시험항목에서 규정하는 정밀도를 제공할 수 있어야 하며, 전반적인 정확도는 **4.3**의 허용 오차 이내 여야 한다.

동등한 정밀도를 제공할 수 있는 다른 측정기기를 사용할 수도 있다.

4.2.2 전압 측정

전압 측정에 사용되는 전압계는 최소 $1\text{ M}\Omega/V$ 의 저항을 가져야 한다.

4.2.3 전류 측정

전류 측정에 사용되는 전류계와 션트(shunt)는 0.5급 이상의 정확도를 가져야 한다.

4.2.4 온도 측정

셀과 해수 온도는 4.2.1에 규정되어 있는 수치 정의와 교정 정밀도를 갖는 표면 온도 측정 기기를 사용하여 측정한다. 온도는 셀과 해수의 온도를 가장 잘 반영할 수 있는 위치에 근접해서 측정한다. 필요하다면, 추가로 적절한 위치의 온도를 측정할 수도 있다(그림 2 참조).

온도 측정에 필요한 상세 조건은 제조자의 조건을 따른다.

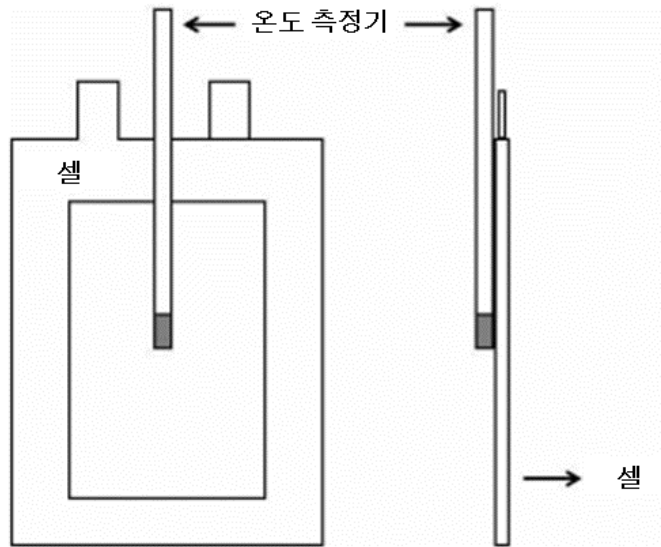


그림 2 — 셀 온도측정 방법 예시

비고 해수 침지 상태로 시험이 진행되는 경우, 셀 침지 후 5시간 뒤의 온도를 측정한다.

4.3 허용오차

규정된 또는 실측된 값에 대한 제어와 측정의 전반적인 정확도에 대한 오차 한계는 다음과 같다.

- a) 전압 : $\pm 0.5\%$
- b) 전류 : $\pm 1\%$
- c) 온도 : $\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$
- d) 시간 : $\pm 0.1\%$
- e) 질량 : $\pm 1\%$
- f) 치수 : $\pm 1\%$

이 오차는 측정기기의 정밀도, 측정오차와 기타 시험과정에서 발생하는 다른 모든 요소를 포함한다.

5 시험항목과 목적

표 1 — 시험항목과 목적

구분	시험항목	목적
성능	6.2.1 용량측정	온도(상온, 저온)에 대한 용량 확인
	6.2.2 에너지	온도(상온, 저온)에 대한 에너지(Wh) 확인
	6.2.3 사이클 수명	신재생연계충전형과 충전기연계충전형으로 구분, 사용환경에 따른 셀의 용량 열화 정도 확인
	6.2.4 효율	충·방전 효율 확인
	6.2.5 용량보존율	완전 충전된 셀을 장기간 동안 보관 이후 다시 사용하고자 하였을 경우 보존하고 있는 용량 확인
	6.2.6 용량회복율	장기간 완전 방전된 셀을 보관 이후 다시 사용하고자 하였을 경우 제공할 수 있는 용량 확인
안전	6.3.1 외부단락	양극 단자와 음극 단자의 단락에 의한 안전성 확인
	6.3.2 과충전	과충전 시 제조자가 제시한 상한 충전 전압 이상이 되었을 경우 안전성 확인
	6.3.3 강제방전	사용 중에 발생할 수 있는 역접속 조립과 같은 경우에 대한 상황에서의 안전성 확인
환경	6.4.1 진동	해수 침지된 셀이 진동되는 환경에 의해 나타나는 영향 확인
	6.4.2 낙하	셀이 낙하되는 환경에 의해 나타나는 영향 확인

6 시험방법

6.1 일반사항

각 시험 전 해수이차전지 셀은 시험온도에서 열 안정화를 시켜야 하며, 만약 셀의 온도변화가 각 시험 시 요구하는 온도 조건 내에서 2 °C 미만이라면 열 안정화가 이루어졌다고 본다.

해수이차전지 셀은 시험 진행 시 육안으로 관찰되는 부식 흔적이 없어야 한다. 상황에 따라 부식에 대한 검증이 필수로 요구되는 경우 부식에 대한 시험방법은 **부속서 B**를 따라 진행한다.

6.1.1 시험용 수조

해수이차전지 셀의 모든 시험은 해수의 공급 조건 모사를 위해 시험용 수조를 활용해야한다(그림 3 참조).

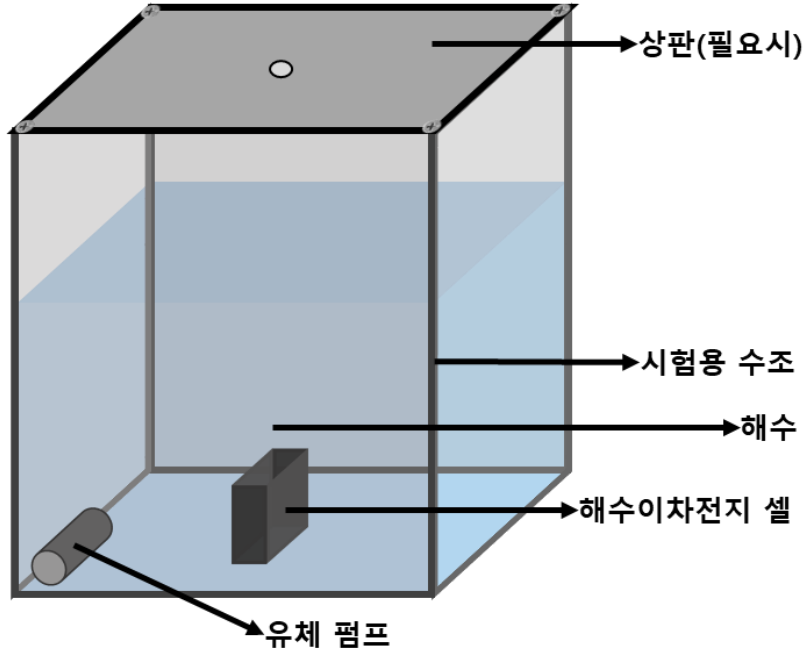


그림 3 — 시험용 수조 예시

비고 1 수조는 10 mm 두께의 유리 또는 합성수지를 사용하고, 셀 치수의 가장 넓은 길이의 1.5배 이상에 해당하는 정육면체이다. 또한, 별도의 언급이 없는 경우 수조 내에서 고체 전해질 막 표면이 해수에 100 % 잠기도록 셀을 설치해야 하며, 해수의 양은 셀 정격용량의 Ah당 15 L 이상이 되어야 한다.

비고 2 수조 내 설치하는 유체 펌프는 6.1.3.1의 조건을 만족할 수 있는 제품을 선정한다.

6.1.2 전류 밀도

전류 밀도(J)는 단위면적의 고체 전해질 막 표면에 인가되는 전류값으로, 단위는 암페어/제곱센티미터 (A/cm^2)이다. 전류 밀도(J)는 다음과 같다

$$J(A/cm^2) = \frac{C_n(Ah)}{t(h) \times S(cm^2)} \quad (1)$$

여기에서

- J : 암페어/제곱센티미터(A/cm^2) 단위로 나타낸 전류밀도
- C_n : 제조자에 의해 규정된 ampere-hour(Ah) 단위로 나타낸 정격 용량
- S : 고체 전해질 막의 표면적을 cm^2 단위로 나타낸 값
- t : 해당 전류밀도로 정격용량 충전 시 소요 시간

비고 시험 시 사용하는 전류의 수치는 제조자가 제시하는 전류밀도와 고체 전해질 막 표면적 값을 곱하여 구한다.

6.1.3 시험전 준비사항

특별한 언급이 없다면 전기적 시험 전에 최초로 입고된 시료인 셀은 다음과 같이 완전 방전한다.

셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 제조자가 제시하는 충전 종료 조건으로 충전했다가 방전 종료 전압까지 방전하는 표준 사이클을 실시한다.

6.1.3.1 표준 사이클

이 표준 사이클 목적은 셀의 각 시험에 대해 동일한 초기 상태를 유지하는데 있다.

최초 시료는 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 표준 사이클을 수행하여야 한다.

표준 사이클은 표준충전(6.1.3.1.1 참조)과 표준방전(6.1.3.1.2 참조) 순서로 수행한다.

표준충전 후 안정상태에 도달할 때까지 1시간 이내로 휴지 시간을 둔다.

만약, 어떤 이유로 표준 사이클의 종료와 시험과 시험 사이의 시간 간격이 3시간 보다 길어지면, 표준 사이클을 반복할 수 있으며, 최초 시료에 대해 1회 실시를 기준으로 한다.

표준 사이클 수행을 위한 조건은 다음과 같다.

- a) 유속: 2.0×10^{-3} m/s에서 2.3×10^{-3} m/s
- b) NaCl 농도: (3.5 ± 1) %
- c) 용존산소량: (7 ± 2) mg/L (표충해수의 평균 산소량 반영)
- d) 인공 해수(KS I ISO 10253, 표 1 참조)

비고 충·방전간 휴지 시간은 사용자의 요구에 따라 생략할 수 있다.

6.1.3.1.1 표준 충전

표준충전전류밀도: 제조자가 제시하는 전류밀도

충전 절차와 충전 종료 판단기준은 제조자가 정한 제원에 따라 적용하고, 전반적인 충전 진행에 대한 제한시간을 포함해야 한다.

충전절차: 표준충전전류밀도로 제조자가 제시하는 충전 종료 조건까지 충전한다.

6.1.3.1.2 표준 방전

표준방전전류밀도: 제조자가 제시하는 전류밀도

방전 절차와 방전 종료 판단기준은 제조자가 정한 제원에 따라 적용하고, 전반적인 방전 진행에 대한 제한시간을 포함해야 한다.

방전절차: 표준방전전류밀도로 제조자가 제시하는 방전 종료 전압까지 방전한다.

6.2 성능 시험방법

6.2.1 용량측정

6.2.1.1 상온 용량측정

a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 6.1.3.1에 따라 표준 사이클을 실시한다.

b) 셀을 제조사 제시 전류밀도로 충전 종료 조건까지 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 충전하고, 안정상태에 도달할 때까지 1시간 이내로 휴지 시간을 둔다.

- c) 셀을 제조사 제시 전류밀도로 방전 종료 전압까지 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 방전한다.
- d) b)~c)를 3회 반복 진행하여 3번째 사이클의 방전 용량을 측정대상의 용량으로 취한다.

비고 충·방전간 휴지 시간은 사용자의 요구에 따라 생략할 수 있다.

6.2.1.2 저온 용량측정

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 6.1.3.1에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 셀을 제조사 제시 전류밀도로 충전 종료 조건까지 주위 온도 (5 ± 2) °C에서 충전하고, 안정상태에 도달할 때까지 1시간 이내로 휴지 시간을 둔다.
- c) 셀을 제조사 제시 전류밀도로 방전 종료 전압까지 주위 온도 (5 ± 2) °C에서 방전한다.
- d) b)~c)를 3회 반복 진행하여 3번째 사이클의 방전 용량을 측정대상의 용량으로 취한다.

비고 충·방전간 휴지 시간은 사용자의 요구에 따라 생략할 수 있다.

6.2.2 에너지

- a) 상온 용량측정 시험 중 시간에 따른 방전전압의 적분 값을 방전시간으로 나누어 방전 중 평균방전전압을 구한다. 평균방전전압은 간단히 다음의 방법에 의해서 구할 수도 있다.
- b) 방전전압 $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ 을 5 s 간격으로 기록한다. 5 s 이하의 전압측정 값은 버린다. 평균방전전압 V_{avr} 은 식 (2)를 이용하여 계산한다.
- c) 에너지 용량 계산은 식 (2)와 식 (3)에 의해 계산하며 유효 숫자 3자리로 반올림한다.

$$V_{avr} = \frac{V_1+V_2+\dots+V_n}{n} \quad (2)$$

$$W_{ed} = C_d V_{avr} \quad (3)$$

여기에서

- W_{ed} : 셀 에너지(Wh)
- C_d : 방전용량(Ah)
- V_{avr} : 평균방전전압(V)

비고 방전전압 측정 시 충분한 정밀도가 보장된다면 측정 기기 자체에서 제공되는 값을 사용할 수 있다.

6.2.3 사이클 수명

6.2.3.1 신재생연계충전형

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 6.1.3.1에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 셀을 6.2.1.1의 b)와 c)에 따라서 1회 충·방전한다.
- c) 셀을 6.2.1.1의 b)에 따라서 완전 충전한다.
- d) 완전 충전된 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 제조사 제시 전류밀도로 방전을 우선으로 하여 정격 용량 10%에 해당하는 용량만큼 방전과 충전을 10회 반복한다.
- e) d)의 과정을 거친 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 제조사 제시 전류밀도로 14일 동안 방전한다.
- f) 셀을 6.2.1.1의 c)에 따라서 완전 방전한다.
- g) c)~f)를 1회 반복 진행하고, 그 후 셀을 6.2.1.1의 b)와 c)에 따라서 1회 충·방전한다.
- h) b)에서 측정한 용량과 g)에서 마지막 사이클의 측정 용량에 대한 비율을 산출한다.

6.2.3.2 충전기연계충전형

- 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 제조사 제시 전류밀도로 충전 종료 조건까지 충전한다.
- 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 제조사 제시 전류밀도로 방전 종료 전압까지 방전한다.
- b)~c)를 50회 반복한다.
- c)에서 측정된 용량과 d)의 마지막 사이클의 측정 용량에 대한 비율을 산출한다.

비고 사용자의 요구에 따라 충/방전 전류량을 다르게 적용할 수 있다.

6.2.4 효율

- 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- 셀을 제조사 제시 전류밀도로 충전 종료 조건까지 충전한다.
- 제조사 제시 전류밀도로 방전 종료 전압까지 방전한다.
- b)와 c)단계를 3회 반복하고 식(4)을 이용하여 지정된 전류 값에 의한 각 사이클의 충·방전 용량 효율과 3회 사이클에 대한 효율의 평균값을 계산한다.

$$\eta_c = \frac{C_d}{C_c} \times 100 \quad (4)$$

여기에서

- η_c : 충·방전 용량 효율(%)
- C_d : 방전 용량(Ah)
- C_c : 충전 용량(Ah)

6.2.5 용량 보존율

- 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- 셀을 **6.2.1.1 b)**에 따라 충전한다.
- 충전된 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 28일 동안 보관한다.
- 28일 간 보관된 셀을 **6.2.1.1 c)**에 따라 방전한다.
- e) b)에서 측정된 용량 대비 28일 후 측정된 d)의 용량 비율로 용량 보존율을 식(5)에 따라 계산한다.

비고 c)단계 진행 시 완전 충전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 진행한다.

$$\text{용량 보존율 (\%)} = \frac{\text{28일 동안 보관 후 측정된 방전 용량 (Ah)}}{\text{6.2.1.1 b)에서 측정된 방전 용량 (Ah)}} \times 100 (\%) \quad (5)$$

6.2.6 용량 회복율

- 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- 셀을 제조사가 제시한 전압까지 완전 방전시킨다.
- 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 28일 동안 보관한다.
- 28일 간 보관된 셀을 **6.1.3.1**에 따라 충·방전을 실시한다.
- 6.2.1.1 b)**에 따라 충전한다.
- 6.2.1.1 c)**에 따라 방전한다.
- e)의 충전 용량 대비 f)의 방전 용량으로 효율을 측정한다.
- 6.2.1.1**에서 측정된 방전 용량 대비 f)의 방전 용량 비율로 식(6)에 따라 용량 회복율을 계산한다.

비고 c)단계 진행 시 완전 방전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 진행한다.

$$\text{용량 회복율 (\%)} = \frac{\text{28일 동안 완전 방전 보관 및 충전후 측정된 방전 용량 (Ah)}}{\text{6.2.1.1 b)에서 측정된 방전 용량 (Ah)}} \times 100 (\%) \quad (6)$$

6.3 안전 시험방법

6.3.1 외부단락

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 셀을 **6.2.1.1**의 b)에 따라서 완전 충전한다.
- c) 셀을 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 1시간 동안 또는 열 안정 상태가 될 때까지 안정화시킨 후, 외부저항에 '+' 와 '-' 단자를 서로 연결한다.
- d) 전선을 포함하는 전체 외부저항은 (80 ± 10) mΩ 또는 제조자와 사용자 간의 합의에 의해 그 이하로 한다.
- e) 시험은 단락된 상태로 6시간 대기한다.
- f) 셀 전압, 전류, 표면온도를 측정하고 기록한다. 단, 전압과 전류를 기록하는 빈도는 1초 이하로 한다.
- g) 전체 외부 저항 측정값과 파열, 폭발 발생 여부를 기록한다.

6.3.2 과충전

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 셀을 챔버 안에 넣고 주위 온도 (25 ± 5) °C로 맞춘 후 1시간 동안 또는 열 안정 상태가 될 때까지 안정화시킨다.
- c) 셀을 제조자 제시 전류밀도로 충전하여 셀의 전압이 제조자가 제시한 상한 충전 전압의 110 %에 도달하거나, 충전용량이 정격용량의 200 %에 도달할 시 시험을 정지한다.
- d) 셀의 전압, 전류, 온도 측정값과 파열, 폭발 발생 여부를 기록한다.

6.3.3 강제방전

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 1시간 동안 또는 열안정 상태가 될 때까지 안정화시킨다.
- c) 방전된 셀의 양극과 음극 단자를 반대로 연결하여 제조사 제시 전류밀도로 충전한다.
- d) 셀의 전압이 0V에 도달하거나, 180분 동안 충전을 진행한 후 시험을 정지한다.
- e) 셀의 전압, 전류, 온도 측정값과 파열, 폭발 발생 여부를 기록한다.

6.4 환경 시험방법

6.4.1 진동

- a) 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 **6.1.3.1**에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- b) 셀을 **6.2.1.1** b)에 따라 충전한다.
- c) 셀이 작동하는 상태에서 수조를 약 10초의 주기로 22.5°의 동요를 가한다.
- d) 이 사이클은 상호 직교된 3개 설치 위치의 각 방향에 대하여 15분 이상 반복한다.
- e) 셀의 전압, 전류, 온도 측정값과 파열, 폭발 발생 여부를 기록한다.

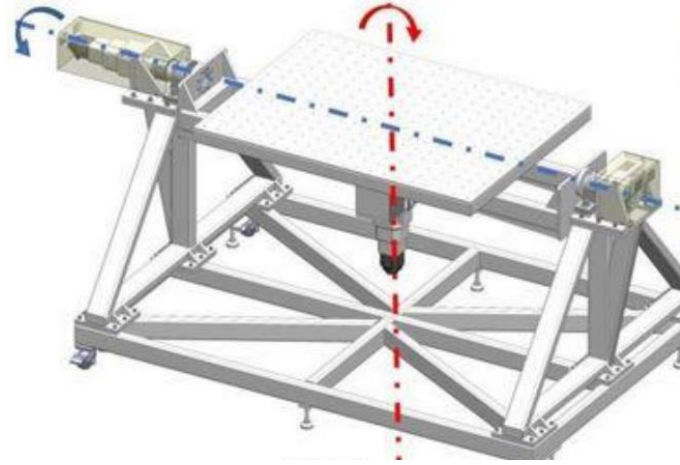


그림 4 — 진동시험 장비의 예시

6.4.2 낙하

표 2 — 낙하 시험 방법과 조건

시험 샘플의 질량	시험 방법	낙하 높이
7 kg 미만	전체	1 000 mm
7 kg 이상 ~ 20 kg 미만	전체	100 mm

- 표준 사이클을 실시하지 않은 경우 6.1.3.1에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- 셀을 6.2.1.1의 b)에 따라서 완전 충전한다.
- 시험 샘플을 표 2에 나타난 높이로부터 평탄한 콘크리트 또는 금속 바닥면(외부단락이 발생하지 않도록 조치)에 1회 낙하시킨다.
- 6시간 동안 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 시험 샘플을 관찰한다.
- 셀의 전압, 온도 측정값과 파열, 폭발 발생 여부를 기록한다.

비고 c)단계 진행 시 완전 충전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 진행한다

참고 시험 샘플의 질량이 7 kg 미만일 경우, 무작위 방향으로 낙하시키며, 7 kg 이상 20 kg 미만인 경우, 시험 샘플은 밑면을 아래방향으로 하여 낙하되어야 한다. 시험 샘플의 밑면에 대한 정의는 제조자에 의해 정해진다.

부속서 A (참고)

해수이차전지 셀 구조와 이해

A.1 일반사항

이 부속서는 해수이차전지의 구조와 작동 원리에 대한 이해를 돕기 위해 기술하는 것으로 규정의 일부는 아니다. 해수이차전지 셀 구조와 화학적 반응의 이해를 돕기 위해 도식화된 개념과 관련 내용을 설명한다.

A.2 해수이차전지 원리와 구조

해수이차전지는 해수에 담긴 채 사용되며, 해수의 소듐 이온을 이용하는 에너지 저장장치로써 양극부에는 해수, 음극부에는 유기 전해질과 음극 활물질을 활용한다. 이 둘의 물리적 혼합을 방지하기 위해 소듐 이온 투과성 고체 전해질 막이 양극과 음극 사이에 위치한다. 식 A.1과 같이 음극부에는 소듐 이온의 산화수 변화에 따른 전기화학적 산화-환원 반응, 양극부에는 산소발생반응(OER)과 산소 환원반응(ORR) 의해 전기에너지를 충전과 방전하는 원리를 가진다.



A.3 구조와 주요 구성품의 기능

해수이차전지 셀의 주요 구성요소는 고체 전해질 막, 집전체, 전해질, 프레임이다(그림 1 참조).

해수는 해수이차전지의 양극부이며 소듐 이온의 공급원이다. 고체 전해질 막은 셀의 양극과 음극을 전기적, 물리적으로 분리하며 소듐 이온만을 셀 내외부에 선택적으로 투과시킨다. 집전체는 전극의 전기화학반응에 필요한 전자를 외부에서 모으는 기능을 가지며 집전체 상에 존재하는 전극 물질을 통해 소듐 이온이 저장 혹은 방출된다. 전해질은 고체 전해질 막을 통과한 소듐 이온이 전극까지 도달할 수 있게끔 연결하는 기능을 가진다. 프레임은 셀의 외부 형태를 고정하며 셀 내부 물질이 외부 이물질들로 인하여 오염되는 것을 막는 역할을 한다.

A.4 해수이차전지의 모식도 예시

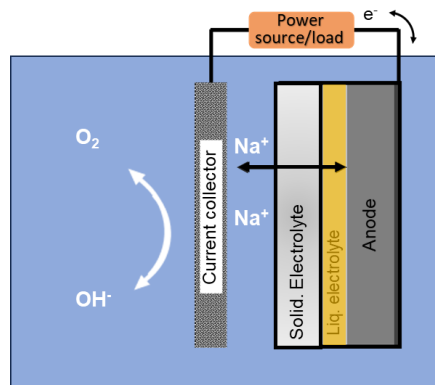


그림 A.1 — 해수이차전지 모식도

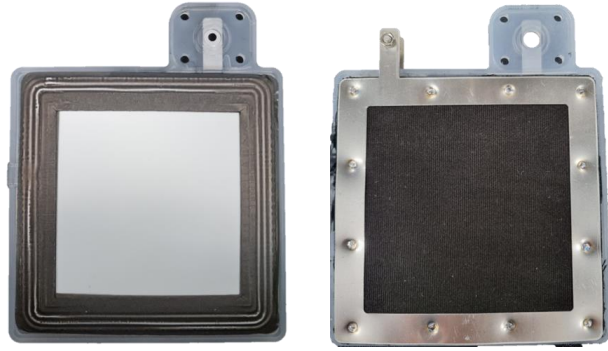


그림 A.2 — 해수이차전지 실제 예시

부속서 B (참고)

부식 시험방법

B.1 일반사항

이 시험의 목적은 해수이차전지 셀의 해수로 인한 집전체와 외함에 대한 방식 특성을 검증하기 위함이며, 필요한 경우 선택적으로 진행한다.

시험조건에 대한 일반사항은 6절에 따른다.

B.2 시험방법

- a) 해수 침지 전 셀의 외함과 집전체의 상태를 촬영하여 기록한다.
- b) 6.1.3.1에 따라 표준 사이클을 실시한다.
- c) 셀을 6.2.1.1의 b)에 따라서 완전 충전한다.
- d) 완전 충전된 셀을 주위 온도 (50 ± 5) °C에서 해수에 침지된 상태로 10일 동안 유지한다.
- e) 10일 유지 후 셀을 해수에서 꺼내어 주위 온도 (25 ± 5) °C에서 24 시간 동안 관찰한다.
- f) 셀의 집전체와 외함의 부식 상태를 촬영하고, 시험조건을 기록한다.

SPS-C KBIA-11004-01-7619:2024

해 설

이 해설은 이 표준과 관련된 사항을 설명하는 것으로 표준의 일부는 아니다.

1 개요

1.1 제정의 취지

저가, 열 안전성, 해양적합성으로 주목받는 차세대 해수이차전지가 지속적인 연구개발을 통해서 핵심 소재 고도화, 셀의 고용량화, 장수명화를 통해 상용화가 진행 중이다.

IEC 국제표준과 KS표준은 리튬이온전지와 납축전지의 성능과 안전성에 대한 기본적인 요구사항을 확인할 수 있는 시험방법은 있지만, 새로운 이차전지인 해수이차전지에 대한 용어, 성능과 안전성, 환경에 대한 검증 방법은 없어, 해수이차전지 셀에 대한 용어 정의 확인, 성능과 안전성, 환경 적용성이 확보된 제품의 적합성을 판별할 수 있는 시험방법과 요구사항이 필요하다.

따라서, 해수이차전지 셀에 대한 용어, 성능과 안전성, 환경의 정보를 사용자 또는 수요처에게 제공할 수 있도록 용어와 정의, 셀을 검증할 수 있는 시험방법과 요구사항 제시를 위해 본 표준이 제정되었다.

1.2 제정의 경위

이 표준은 2022년 9월부터 2023년 12월까지의 「해수이차전지 셀 단체표준 등록」 용역 사업 수행 결과 일부이다. 원안은 시험방법 타당성 검토를 위한 시험 결과를 바탕으로 작성되었으며, 시험 결과는 해수이차전지 셀 단체표준 등록 사업결과보고서(48페이지부터)에 수록되었다.

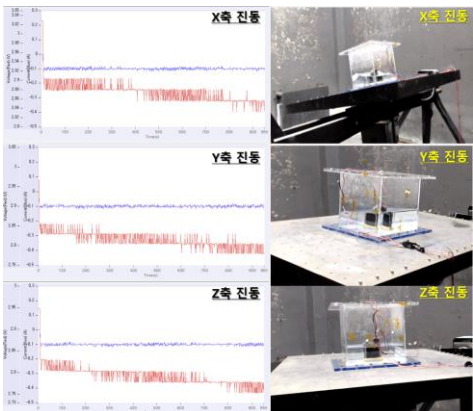
1.3 주요 제정 내용

해수이차전지 셀에 대한 시험방법과 요구사항은 아래의 표준을 참고하여 제정하였다.

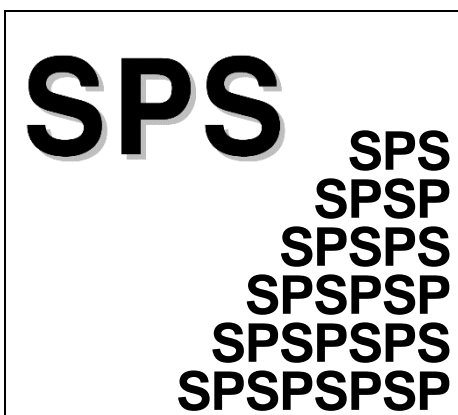
해설 표 1 — 주요 제정 내용

구분	시험항목	인용/참고 표준	항목 기입 근거	인용/참고 표준과의 차이점
성 능	6.2.1 용량	(참고) KS C IEC 62660-1	해수이차전지 셀의 성능 확인을 위하여 실제 사용환경(상온, 저온)에서의 용량 검증과 6.2.2 에너지 용량 계산 방법 제시	참고 표준과 달리 용도에 따른 전류를 구분하지 않았으며, 실제 사용환경을 고려하여 기상청 자료 등을 활용하여 저온 시험 온도 책정 상온, 저온 두가지 조건에서 용량 측정
	6.2.3 사이클 수명	자체개발	해수이차전지 셀의 사이클 특성을 검증하기 위한 구체적인 시험방법 제시	자체개발 시험방법으로, 실제로 사용되는 환경(신재생연계, 충전연계 충전형)을 고려하여 개발

		<p>「해수이차전지 셀 단체표준 등록」 결과보고서 시험방법 타당성 검토 항목의 사이클 수명시험 결과데이터</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>< 사이클 수명(신재생연계형) ></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>< 사이클 수명(충전기연계형) ></p> </div> </div>	<p>되었으며, 기상청 자료 등을 활용하여 부조일수 책정</p> <ul style="list-style-type: none"> - 신재생연계충전형: 스마트부이와 같이 태양발전 모듈이 설치되어 태양광 발전으로 셀을 충전하는 방식 - 충전기연계형 구명조끼와 같이 육상에서 별도의 해수와 충전설비를 활용하여 충전하는 방식
6.2.4 효율	자체개발	<p>해수이차전지 셀의 충방전 효율에 대한 성능 검증을 위하여 구체적인 시험방법 제시</p> <p>「해수이차전지 셀 단체표준 등록」 결과보고서 시험방법 타당성 검토 항목의 효율 시험 결과데이터</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>< 용량속정(상온) ></p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>< 에너지 계산, 효율 ></p> <ul style="list-style-type: none"> • 6.2.2 에너지 계산 ($V_{avr} = \frac{V_{100} + V_{200}}{2}$, $W_{out} = C_d V_{avr}$) $V_{avr} (2^{nd}) = 2.68 V$ $C_d = 0.989 Ah$ $W_{out} = 2.71 Wh$ • 6.2.4 효율 계산 ($\eta_c = \frac{W_{out}}{W_{in}} \times 100$) $\eta_{c1} = 97.2 \%$ $\eta_{c2} = 99.0 \%$ </div> </div>	<p>자체개발 시험방법으로 타 이차전지의 시험방법인 전류값과 달리 전류밀도 방법으로 충방전 진행</p>
6.2.5 용량 보존율	(인용) KS C IEC 61960-3	<p>완전 충전 상태에서 장기간 보관 후 다시 하용 시 보존하고 있는 용량을 검증하기 위해 구체적인 시험방법 제시</p>	<p>실제 사용 환경을 고려하여 인용표준과 달리 보존율 시험과 회복율 시험을 분리하였으며, 보존율 계산식 추가</p> <p>완전 충전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 보관</p>
6.2.6 용량 회복율	(인용) KS C IEC 61960-3	<p>완전 방전 상태에서 장기간 보관 후 다시 사용 시 제공할 수 있는 용량과 완전 방전 상태 이후의 충전과 방전의 효율을 검증하기 위하여 구체적인 시험방법을 제시</p>	<p>실제 사용 환경을 고려하여 인용표준과 달리 보존율 시험과 회복율 시험을 분리하였으며, 회복율 계산식 추가</p> <p>완전 충전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 보관</p>
안전성	6.3.1 외부단락 (참고) KS C IEC 62619	<p>양극 단자와 음극 단자의 단락에 의한 모노블록 전지의 변화를 평가하기 위하여 구체적인 시험방법을 제시</p>	<p>셀의 출력특성을 고려하여, 전선을 포함하는 전체 외부 저항이 참고 표준의 $(30 \pm 10) m\Omega$보다 적합한 조건인 $(80 \pm 10) m\Omega$으로</p>

				고정
	6.3.2 과충전	(참고) KS C IEC 62619	셀이 과충전되어 제조자가 제시한 상한 충전 전압이 되었을 경우 안전성을 확인하기 위하여 구체적인 시험방법을 제시	참고표준의 최대 충전전류로 최대 충전 전압까지 충전하는 방법과 달리 해수전지의 용량 특성을 고려하여 상한 충전 전압의 110%에 도달하거나, 정격 용량의 200%에 도달하는 시간 중 먼저 도달되는 조건으로 시험을 정지하도록 지정
	6.3.3 강제방전	(참고) KS C IEC 62619	사용자의 오용으로 인한 역접속 상황으로 인한 강제방전 상황에서 안전성 검증 방법 제시	참고표준의 90분간 강제 방전방법과 달리 해수전지의 용량 특성을 고려하여 180분 동안 역접속 충전하거나, 정격 용량의 150%까지 도달하는데 소요되는 시간 중 먼저 도달하는 조건으로 시험을 정지하도록 지정
환경	6.4.1 진동	자체개발	해수전지가 실제 사용되는 환경(파도 고려)을 모사해 환경 특성에 대한 검증 방법 제시 「해수이차전지 셀 단체표준 등록」 결과보고서 시험방법 타당성 검토 항목의 진동시험 결과데이터 	자체개발된 시험방법으로, 선박용 자재 시험에 활용되는 장비를 활용하여, 환경 특성에 맞는 시험방법 개발
	6.4.2 낙하	(인용) KS C IEC 62619	해수전지 사용 중(구멍 조끼, 등부표)에서나 운반 중 낙하를 했을 경우에 대한 셀의 환경 특성에 대한 검증 방법 제시	인용표준의 시험 샘플의 질량에 따른 낙하 높이를 그대로 적용하였으며, 현재 개발된 셀 스펙에 따라 20 kg 미만까지로 표시 완전 충전된 셀을 해수 밖으로 꺼내어 진행

SPS-C KBIA-11004-01-7619:2024



**Secondary seawater battery —
cell test method**

ICS 29.220.30