

KIER

기술정책 Focus

2018년 후지경제 연료전지 시장 동향 및 전망 - Part 2. 부품·소재 시장동향을 중심으로 -

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1. 연료전지 스택 부품 시장 개요 5 | 2. PEFC 스택 부품 시장 동향 8 |
| 3. SOFC 스택 부품 시장 동향 27 | [참고문헌] 48 |

Vol. 14, No. 6
2020. 7.

KIER

기술정책 Focus

한국에너지기술연구원 기후기술전략실에서 한국에너지기술연구원의
주요사업(CO-2431)을 재원으로 수행하였습니다.

본 보고서는 일본 후지경제(株式会社富士経済)에서 발표한
「2018년판 연료전지관련 기술 및 시장 전망(2018年版
燃料電池関連技術・市場の将来展)」에 수록된 내용을 발췌·분석한 내용으로
동 내용 인용 시 출처를 밝혀야 합니다.

편집자주

목차

C/O/N/T/E/N/T/S

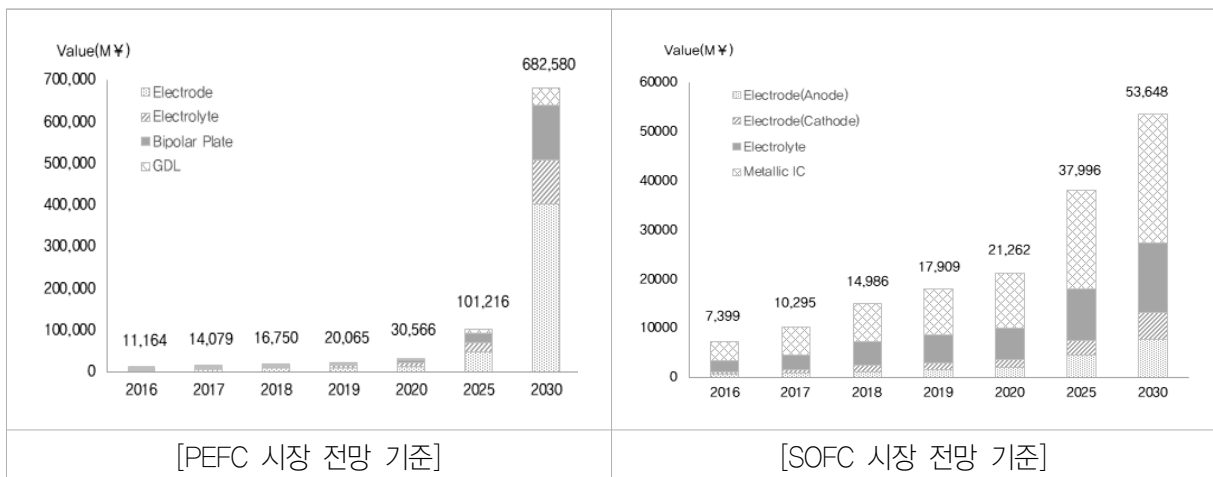
1. 연료전지 스택 부품 시장 개요	5
2. PEFC 스택 부품 시장 동향	8
가. Electrode	8
나. Electrolyte	14
다. Bipolar Plate(Separator)	19
라. GDL(Gas Diffusion Layer)	23
3. SOFC 스택 부품 시장 동향	27
가. Electrode(Anode)	27
나. Electrode(Cathode)	32
다. Electrolyte	37
라. Metallic IC	43
참고문헌	48
KIER 기술정책 FOCUS 발간 현황	49

표 목 차

〈표 1-1〉 PEFC 부품 및 연료전지 분야별 시장 전망	6
〈표 1-2〉 SOFC 부품 및 연료전지 분야별 시장 전망	7
〈표 2-1〉 PEFC Electrode 관련 주요 기업 현황	11
〈표 2-2〉 PEFC Electrode 시장 전망	12
〈표 2-3〉 PEFC Electrode 시장 전망	13
〈표 2-4〉 PEFC Electrolyte 관련 주요 기업 현황	16
〈표 2-5〉 PEFC Electrolyte 시장 전망	17
〈표 2-6〉 PEFC Electrolyte 시장 전망	18
〈표 2-7〉 PEFC Bipolar Plate 관련 주요 기업 현황	20
〈표 2-8〉 PEFC Bipolar Plate 시장 전망	21
〈표 2-9〉 PEFC Bipolar Plate 시장 전망	22
〈표 2-10〉 PEFC GDL 관련 주요 기업 현황	24
〈표 2-11〉 PEFC GDL 시장 전망	25
〈표 2-12〉 PEFC GDL 시장 전망	26
〈표 3-1〉 기업별 SOFC 단전지 구조	29
〈표 3-2〉 SOFC Anode 관련 주요 기업 현황	29
〈표 3-3〉 SOFC Anode 시장 전망	30
〈표 3-4〉 SOFC Anode 시장 전망	31
〈표 3-5〉 기업별 SOFC 재료 사용 현황	33
〈표 3-6〉 SOFC Cathode 관련 주요 기업 현황	34
〈표 3-7〉 SOFC Cathode 시장 전망	35
〈표 3-8〉 SOFC Cathode 시장 전망	36
〈표 3-9〉 SOFC Electrolyte 관련 주요 기업 현황	40

〈표 3-10〉 SOFC Electrolyte 시장 전망	41
〈표 3-11〉 SOFC Electrolyte 시장 전망	42
〈표 3-12〉 SOFC Metallic IC 관련 주요 기업 현황	45
〈표 3-13〉 SOFC Metallic IC 시장 전망	46
〈표 3-14〉 SOFC Metallic IC 시장 전망	47

1 연료전지 스택 부품 시장 개요



- 2017년 기준 PEFC 스택 부품 시장은 141억엔으로 PEFC는 수소전기차, 수소전기지게차, 수소 전기버스 등 수송분야에 주로 사용되고 있으며, 수소전기차와 운송용이 50억엔 이상 차지
 - 연료전지 스택 기술의 고도화로 수소전기차와 운송용 연료전지에서의 활용 사례 증가
 - 수송용 연료전지는 수소충전소 보급이 뒷받침되어야 하며, 본격적인 시장형성에는 시간이 필요하지만 주요국에서는 수소·연료전지의 시장 확대를 위한 정책을 적극적으로 추진
 - 중국은 수소전기차, 수소전기버스, 수소전기트럭 기술개발이 활발하게 진행되고 있으며, 전기차 다음으로 연료전지에 대한 관심이 높아지고 있는 상황

- 2017년 기준 SOFC 스택 부품 시장은 103억엔으로 Bloom Energy(美)와 Aisin Seiki(日) 중심으로 SOFC 시스템을 개발하고 있으며, 2017년은 Bloom Energy가 시장을 주도
 - SOFC 스택 비용저감과 시스템 실증이 진행되고 있으며, 신규 기업의 참여로 개발제품이 확대
 - 일본에서는 2017년 Kyocera, Miura, MHPS가 SOFC 시스템 제품화를 시작하고 Fuji Electric, Hitachi Zosen, Denso 등이 시장에 진입할 예정
 - SOFC의 저온 작동을 위한 재료 개발을 진행하고 있으며, 향후 산업·업무용과 가정용 분야를 중심으로 시장이 형성될 전망

〈표 1-1〉 PEFC 부품 및 연료전지 분야별 시장 전망

(단위 : M₩)

구분	Actual		Estimate	Forecast				
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	
Electrode	Stationary(Large)	31	31	31	34	38	96	297
	Stationary(Residential)	411	380	407	525	694	2,848	6,464
	FCV	1,058	1,235	1,297	1,601	4,787	10,351	60,359
	Transportation	1,774	3,662	5,336	6,833	7,378	32,847	333,146
	Portable/Backup	276	244	259	338	404	1,639	3,203
	Mobile Device	24	24	24	26	35	326	738
	Sub total	3,573	5,576	7,353	9,357	13,337	48,107	404,201
Electrolyte	Stationary(Large)	75	75	75	78	87	149	406
	Stationary(Residential)	652	556	564	617	806	2,900	6,553
	FCV	1,829	1,929	2,014	2,190	3,856	8,555	38,306
	Transportation	409	835	1,212	1,547	2,081	7,228	57,721
	Portable/Backup	209	199	221	268	348	1,167	2,071
	Mobile Device	41	41	42	43	51	305	665
	Sub total	3,215	3,634	4,127	4,742	7,230	20,304	105,722
Bipolar Plate	Stationary(Large)	72	72	72	85	89	181	575
	Stationary(Residential)	770	695	701	716	839	2,294	5,190
	FCV	1,848	1,885	1,908	2,222	4,563	11,171	40,728
	Transportation	389	795	1,033	1,151	1,498	8,872	79,971
	Portable/Backup	284	260	268	279	332	1,110	1,583
	Mobile Device	151	150	153	160	217	635	1,226
	Sub total	3,514	3,856	4,135	4,612	7,538	24,262	129,274
GDL	Stationary(Large)	41	41	41	43	47	95	192
	Stationary(Residential)	165	151	153	154	179	608	1,379
	FCV	475	544	576	695	1,628	5,465	25,494
	Transportation	107	208	292	372	487	1,762	15,056
	Portable/Backup	46	41	44	60	79	291	533
	Mobile Device	28	27	28	31	41	323	730
	Sub total	862	1,013	1,134	1,355	2,461	8,542	43,384
Total	11,164	14,079	16,750	20,065	30,566	101,216	682,580	
Sub total	Stationary(Large)	219	219	219	240	261	520	1,464
	Stationary(Residential)	1,999	1,782	1,824	2,011	2,518	8,650	19,585
	FCV	5,210	5,593	5,795	6,708	14,834	35,541	164,887
	Transportation	2,678	5,499	7,872	9,902	11,444	50,710	485,894
	Portable/Backup	815	744	793	945	1,163	4,207	7,390
	Mobile Device	243	242	247	260	346	1,588	3,360

〈표 1-2〉 SOFC 부품 및 연료전지 분야별 시장 전망

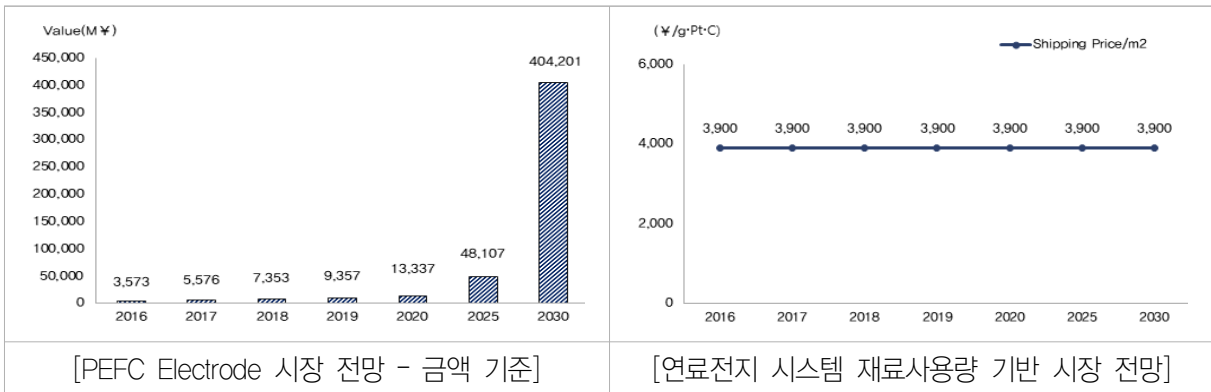
(단위 : M₩)

구분	Actual		Estimate	Forecast				
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	
Electrode (Anode)	Stationary(Large)	364	521	883	1,132	1,335	2,461	4,374
	Stationary(Residential)	240	308	354	426	602	1,871	3,049
	FCV	0	0	0	0	0	0	0
	Transportation	0	0	0	0	1	15	21
	Portable/Backup	0	1	6	8	16	130	254
	Mobile Device	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	604	830	1,243	1,566	1,954	4,477	7,698
Electrode (Cathode)	Stationary(Large)	568	793	1,134	1,384	1,588	2,729	4,208
	Stationary(Residential)	42	51	60	69	99	382	1,181
	FCV	0	0	0	0	0	0	0
	Transportation	0	0	0	0	1	21	36
	Portable/Backup	0	1	2	2	3	26	86
	Mobile Device	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	610	845	1,196	1,455	1,691	3,156	5,511
Electrolyte	Stationary(Large)	2,044	2,842	4,798	5,497	6,270	9,986	13,334
	Stationary(Residential)	48	58	67	74	99	378	788
	FCV	0	0	0	0	0	0	0
	Transportation	0	0	0	0	1	15	27
	Portable/Backup	0	1	2	2	4	34	68
	Mobile Device	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	2,092	2,901	4,867	5,573	6,374	10,413	14,217
Metallic IC	Stationary(Large)	3,717	5,263	7,144	8,677	10,320	16,460	19,455
	Stationary(Residential)	376	455	521	614	878	3,081	5,975
	FCV	0	0	0	0	0	0	0
	Transportation	0	0	0	0	3	81	103
	Portable/Backup	0	1	15	24	42	326	689
	Mobile Device	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	4,093	5,719	7,680	9,315	11,243	19,948	26,222
Total	7,399	10,295	14,986	17,909	21,262	37,996	53,648	
Sub Total	Stationary(Large)	6,693	9,419	13,959	16,690	19,513	31,636	41,371
	Stationary(Residential)	706	872	1,002	1,183	1,678	5,712	10,993
	FCV	0	0	0	0	0	0	0
	Transportation	0	0	0	0	6	132	187
	Portable/Backup	0	4	25	36	65	516	1,097
	Mobile Device	0	0	0	0	0	0	0

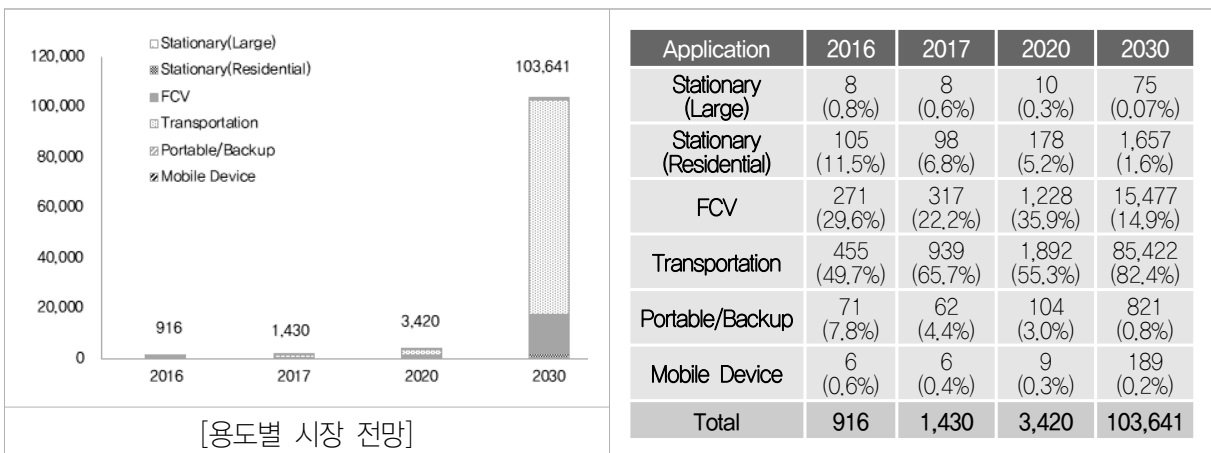
2 PEFC 스택 부품 시장 동향

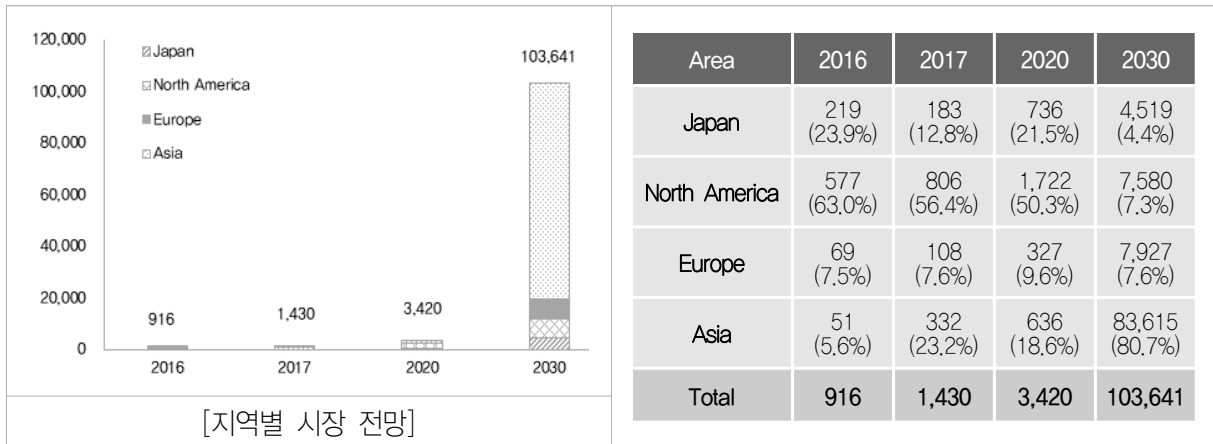
가. Electrode

1) 시장 전망



- 2017년 기준 PEFC Electrode 시장은 5.5억엔으로 전년 대비 56%가 증가하였으며, 이는 운송용 연료전지 분야 시장규모가 확대된 것에 기인
 - 운송용 연료전지의 증가 추세가 두드러졌으며, 2016년 대비 2배 이상 증가하였고, 전극 재료 시장에서 차지하는 비중은 65%로 더욱 확대될 것으로 예상





- 운송용 연료전지 분야는 북미지역에서의 수소전기자동차의 활용이 대부분이었으나, 아시아(중국) 시장에서의 수소전기버스와 수소전기트럭의 수요가 점차 증가
 - Portable · Backup용 분야는 일본의 이동통신 기지국용 연료전지 보급 감소 및 북미 시장의 시장 축소로 2017년 시장이 감소
 - 가정용 연료전지 시장은 일본이 95% 이상을 차지하고 있으나, 2017년 도시바(Toshiba)가 연료전지 사업을 철수함에 따라 2016년에 이어 PEFC형 ENE-FARM의 보급 대수가 감소하여, 전극 재료 시장도 감소
 - 북미 지역에서 혼다(Honda)와 도요타(Toyota)의 수소전기승용차 판매가 확대됨에 따라 시장 점유율이 증가
 - 일본 내에서의 수소전기차 판매량은 저조했지만 2018년 도요타 제품 판매로 보급량은 회복 추세이며, 현대자동차도 생산량을 확대하였으며, 아시아 시장에서의 수소전기승용차 확대 예상
- 2017년 이후 중국에서 수소전기버스, 수소전기트럭의 생산 확대가 지속될 것으로 전망되며, 수소 전기차 보급 로드맵에서 2030년까지 100만대의 수소전기차 보급을 목표로 함
- 2017년 기준 수소전기차 생산량은 수백대 이상이나 수소전기차는 미미한 수준으로 대부분 버스과 트럭에 편중되어 있으나 2020년 5,000대 보급은 달성 가능할 것으로 보임
 - 중국에서의 버스과 트럭 생산 속도는 일본과 유럽과 비슷한 수준이며, 더욱 가속화 될 전망
- 전극(Electrode) 재료 시장은 연료전지 시스템(kW) 출력과 내구성(가동시간)에 영향을 받으며, 높은 내구성이 요구되는 운송용 연료전지 시장확대로 전극의 사용이 증가할 것으로 전망

- 현재 수소전기차의 백금 담지량은 약 20~30 g/대로, 일본에서는 백금 담지량을 10 g/대 미만으로 하는 NEDO 프로젝트를 추진
 - 2017년 시장 확대에 기여한 운송용 연료전지는 수소전기버스와 수소전기트럭 등 높은 내구성이 필요한 차량의 증가로 전극 재료 사용량이 증가
 - 2030년 전극 재료 시장은 전체 4,042억엔까지 확대될 것으로 예상되며, 백금(Pt)시장도 크게 증가할 전망
- 연료전지 시장 확대에 따라 전극 재료인 백금(Pt)의 안정적인 공급은 중요한 과제이며, 나노 프레임 구조 등의 새로운 촉매 등 새로운 기술 도입을 위한 개발 추진
- 수소전기차는 향후 1대당 백금 사용량이 10 g 미만을 목표로 하며, NEDO 기술개발 로드맵('17.12월)에서는 2040년까지 수소전기승용차의 백금 담지량을 0.03 g/kW(약 3 g/FCV)로 낮추기 위한 목표를 제시

2) 주요 기업 동향

- 다나카 귀금속 공업(日) : 연료전지용 전극 촉매 개발 및 공급
- 연료전지 촉매 개발센터* 증설을 발표('18.7)하였으며, 2019년 1월 본격적인 가동에 돌입
 - * 총 면적 : 4,000 m² = (기존) 1,000 m², (증설) 3,000 m²
 - 공장 증설에 의해 생산능력이 7배 향상되어 중국의 버스·트럭 생산 확대 및 유럽의 연료전지 열차 보급 등 연료전지 시장 확대에 의한 전극 촉매의 수요 증가에 대응하고, 안정적 공급에 기여
- Ishifuku(日) : 저백금 촉매인 코어-셸(Core-Shell) 구조의 촉매 개발
- 저백금 촉매인 코어-셸(Core-Shell)구조의 촉매를 개발하고, 촉매의 성능향상과 양산화 준비를 동시 진행
 - 수소전기차 및 수소전기지게차 외에도 연료전지의 활용이 확대될 것으로 예상하는 가운데 코어-셸 기술의 장점을 부각시킬 것으로 예상되고, 2018년 NEDO 기술개발 프로젝트 선정(2018~2019)으로 코어-셸 구조 촉매의 검사 기술개발 과제 참여
- 닛신보 케미칼 : 탄소 합금 촉매 개발 및 공급
- 탄소합금 촉매(Carbon-Alloy catalyst)를 개발하고 있으며, Ballard Power System(캐나다)에서는 닛신보 케미칼에서 개발한 탄소합금 촉매를 이용하여 연료전지 스택(FCgen-1040)을 상용화

〈표 2-1〉 PEFC Electrode 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구기관	기타
ISHIFUKU			•			백금 소재 공급 및 코어 셀 촉매 개발
N.E. Chemcat			•			전극촉매 및 수소 생산 촉매 개발
Cataler				•		연료전지 전극 촉매 개발 및 도요타자동차에 공급
Gunma University					•	닛신보 홀딩스와 탄소합금촉매 실용화 개발 추진
Showa Denco			•			탄소 합금 촉매 개발
Johnson Matthey			•	•		백금촉매, MEA 공급
Nippon Steel & Sumikin Chemical			•			연료전지 촉매 담지체 제조를 위한 다공성 구조를 가진 탄소소재 개발
Daihatsu	•	•	•			연료전지용 비백금촉매 개발
Tanaka Holdings			•			새로운 공장 가동 예정(2019년)으로 생산 능력 확대 및 SPer-FC 프로젝트 수행(NEDO)
Teijin			•			비백금 탄소합금촉매 개발
Tokyo Institute of Technology					•	비백금 촉매 개발
Doshisha University					•	코어셀 촉매 개발
Toyota Central R&D Labs					•	도요타자동차와 촉매 성능 및 열화 개선 방안 연구
Nisshinbo Chemical			•			탄소 합금 촉매 개발, Ballard Power System 휴대용 스택에 적용
Microphase					•	CNT 백금촉매 질소도핑탄소촉매
University of Yamanashi					•	SPer-FC 프로젝트(NEDO)
Yokohama National University					•	산화물계 비귀금속 촉매 개발(NEDO)
Johnson Matthey Fuel Cells			•	•		백금촉매, MEA 공급
PAJARITO POWDER			•			비백금 촉매 개발
Umicore			•			전극촉매, 개질촉매 개발

〈표 2-2〉 PEFC Electrode 시장 전망

(단위 : kg · Pt · C)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	3	3	3	3	3	5	10
	Europe	6	6	6	6	7	20	65
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	8	8	8	9	10	25	75
Stationary (Residential)	Japan	100	92	99	127	166	397	594
	North America	0	0	0	0	2	48	119
	Europe	2	3	3	5	6	237	707
	Asia	3	2	2	3	4	48	237
	Sub total	105	98	104	135	178	730	1,657
FCV	Japan	98	64	75	102	442	658	3,151
	North America	110	188	155	174	595	1,052	5,296
	Europe	38	37	39	44	57	436	3,979
	Asia	25	28	63	90	133	509	3,051
	Sub total	271	317	332	410	1,228	2,654	15,477
Transportation	Japan	11	21	81	87	119	337	759
	North America	413	568	748	973	1,064	1,327	1,778
	Europe	16	56	73	213	244	1,106	2,967
	Asia	15	294	466	478	466	5,653	79,918
	Sub total	455	939	1,368	1,752	1,892	8,422	85,422
Portable/ Backup	Japan	7.9	4.2	4.3	6.4	7.1	8	11
	North America	50.6	46.6	47.3	54.3	56.2	158	350
	Europe	6.4	6.1	6.1	8.6	10.8	109	182
	Asia	5.8	5.5	8.8	17.5	29.6	145	278
	Sub total	71	62	66	87	104	420	821
Mobile Device	Japan	1.50	1.50	1.55	1.55	1.60	2.1	2.8
	North America	1.52	1.51	1.51	1.60	2.00	13	28
	Europe	1.53	1.51	1.51	1.60	2.00	13	28
	Asia	1.51	1.51	1.65	2.00	3.50	56.5	132
	Sub total	6	6	6	7	9	84	189
Total		916	1,430	1,885	2,399	3,420	12,335	103,641
Sub Total	Japan	219	183	259	323	736	1,402	4,519
	North America	577	806	955	1,206	1,722	2,603	7,580
	Europe	69	108	129	278	327	1,919	7,927
	Asia	51	332	542	591	636	6,412	83,615

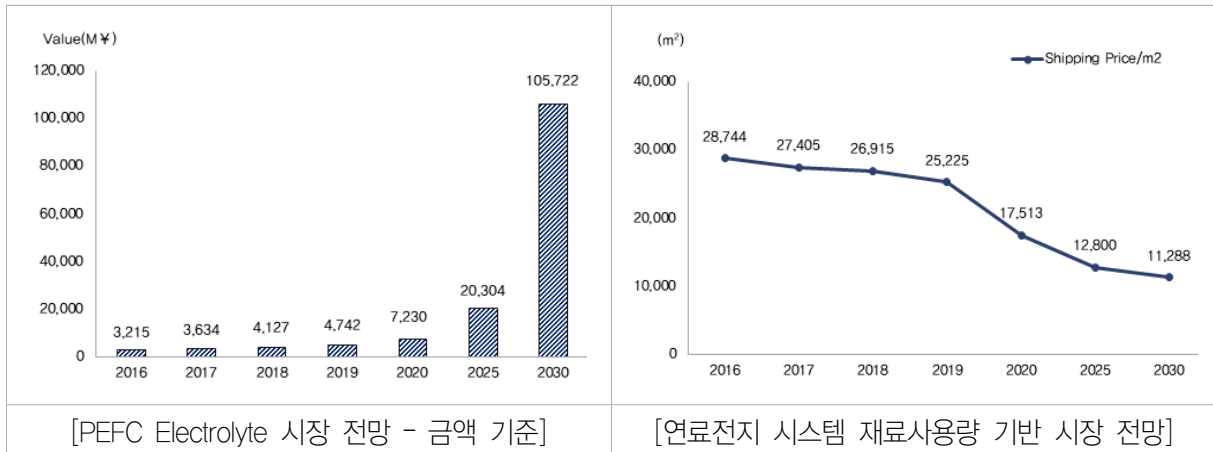
〈표 2-3〉 PEFC Electrode 시장 전망

(단위 : M₩)

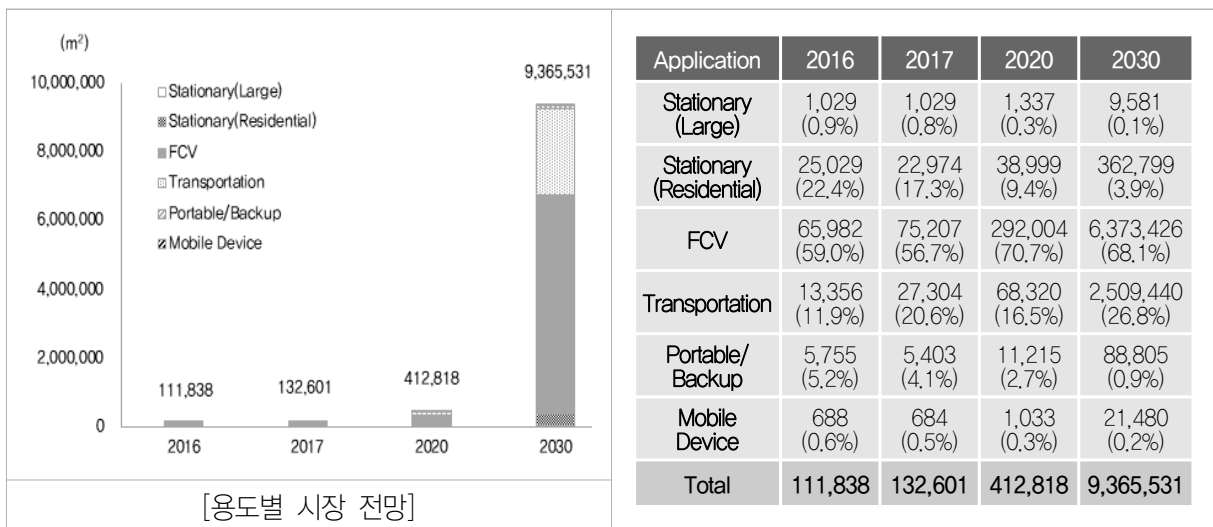
구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	10	10	10	11	11	20	39
	Europe	21	21	21	23	27	76	252
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	31	31	31	34	38	96	291
Stationary (Residential)	Japan	391	360	384	494	648	1,547	2,318
	North America	0	0	0	0	7	189	464
	Europe	9	11	13	20	24	923	2,758
	Asia	11	9	9	11	15	189	923
	Sub total	411	380	407	525	694	2,848	6,464
FCV	Japan	383	250	291	399	1,725	2,565	12,289
	North America	428	733	606	680	2,321	4,102	20,653
	Europe	148	142	153	170	223	1,699	15,518
	Asia	99	110	247	352	518	1,985	11,899
	Sub total	1,058	1,235	1,297	1,601	4,787	10,351	60,359
Transportation	Japan	44	82	314	338	463	1,312	2,960
	North America	1,611	2,215	2,918	3,796	4,148	5,175	6,930
	Europe	60	218	285	832	950	4,313	11,572
	Asia	59	1,147	1,818	1,866	1,817	22,047	311,680
	Sub total	1,744	3,662	5,336	6,833	7,378	32,847	333,146
Portable/ Backup	Japan	31	17	17	25	28	33	44
	North America	197	182	184	212	219	617	1,366
	Europe	25	24	24	34	42	424	709
	Asia	23	22	34	68	116	565	1,084
	Sub total	276	244	259	338	404	1,639	3,203
Mobile Device	Japan	5.9	5.9	6.0	6.0	6.2	8	11
	North America	5.9	5.9	5.9	6.2	7.8	49	107
	Europe	6.0	5.9	5.9	6.2	7.8	49	107
	Asia	5.9	5.9	6.4	7.8	13.7	220	513
	Sub total	24	24	24	26	35	326	738
Total		3,573	5,576	7,353	9,357	13,337	48,107	404,201
Sub Total	Japan	854	715	1,012	1,261	2,869	5,466	17,623
	North America	2,252	3,145	3,724	4,705	6,714	10,151	29,564
	Europe	270	423	502	1,086	1,274	7,484	30,915
	Asia	197	1,293	2,115	2,305	2,480	25,007	326,099

나. Electrolyte

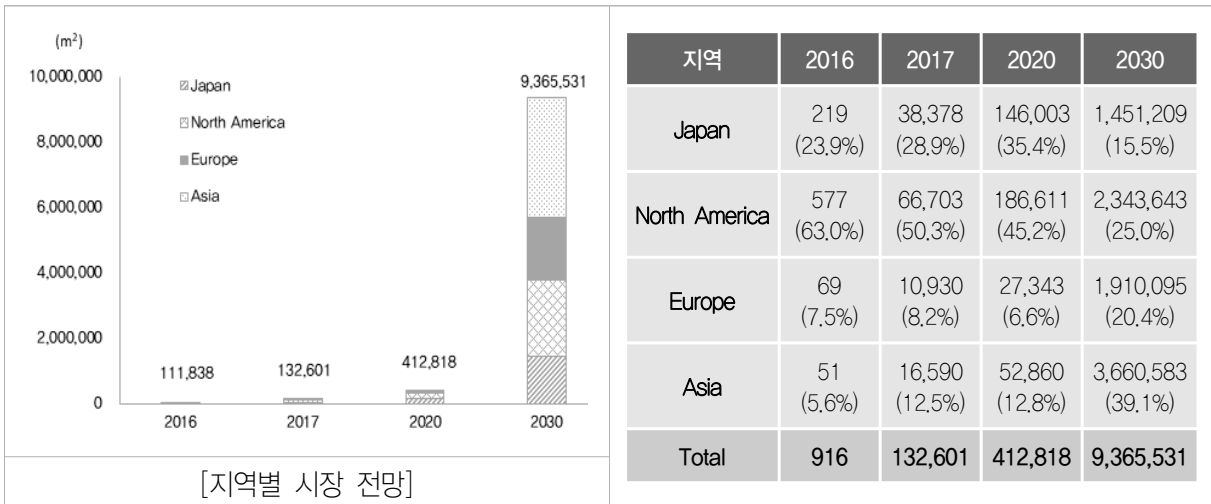
1) 시장 전망



- 2017년 PEFC Electrolyte 시장은 13만 2천 m²으로 전년 대비 18% 증가하였으며, 북미와 아시아 지역에서 시장 확대가 두드러짐
 - 2016년 수소전기차가 약 60%, 가정용 연료전지가 약 20%의 비중을 차지하고 있었으나, 2017년 소폭 감소하였으며, 운송용 연료전지의 비중이 급격히 확대
 - 운송용 연료전지의 아시아 시장 규모는 약 20배 확대되었으며, 유럽도 3배 이상 증가하였는데, 이는 세계적으로 수소전기버스와 수소전기트럭의 보급이 확대됨에 따라 증가한 것으로 판단



- 중국 주도로 연료전지 시스템 개발이 진행되는 등 중국 내 연료전지 제조 기업이 증가하고 있는 추세
 - 중국의 연료전지 관련 기업은 500개 이상으로 글로벌 연료전지 개발 기업과의 협력뿐만 아니라 중국 내 스택 및 MEA 제조 기업이 개발한 제품을 공급하는 등 활발한 활동 추진



2) 주요 기업 동향

- W.L.Gore & Associates : 수소전기차용 전해질 개발
 - 수소전기차용 전해질 시장에서 Gore社의 영향력은 매우 높으며, 도요타(Toyota) 및 혼다(Honda), 현대(Hyundai)에서 출시된 수소전기차에는 Gore社의 전해질을 사용
 - Sunrise Power(중국)의 HYMOD-300의 차량용 연료전지 스택 주 공급업체로 선정되었으며, Sunrise Power는 Gore의 전해질막을 사용하여 5,000시간 이상 운전테스트에서 안정적으로 작동
 - Gore의 전해질막은 높은 내구성을 보유한 제품으로 인정받아 일본, 한국, 중국의 차량용 연료전지 스택에 공급하고 있으며, 향후 Gore의 전해질막을 기반으로 한 스택 개발이 추진될 것으로 전망
- Asahi KASEI : 자동차용 연료전지 전해질 기술개발 중점
 - 저가, 고내구, 고성능화를 달성하기 위한 전해질을 개발하고 있으며, 현재 연료전지 차량의 특성 등에 적합한 전해질을 공급하고 있으며, 수전해장치도 개발하여 일본 및 해외에 공급

□ AGC : 무보강 고성능 연료전지 전해질막 개발

- 차세대 소형·저비용 연료전지 시스템에서의 활용을 목표로 연료전지 전해질을 개발하고 있으며, ImPACT(Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies Program, 혁신적 연구 개발 지원 프로그램)의 지원으로 추진
- 마이크로 구조를 제어함으로써 연료전지용 고내구 불소계 전해질 고분자 개발에 성공하였고, 현재는 고분자 물성개발에 집중하고 있으며, 향후 실용화를 위한 기술개발 추진

〈표 2-4〉 PEFC Electrolyte 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구기관	기타
AsahiKASEI			•			연료전지자동차용 전해질막 개발
AGC			•			무보강 고성능 연료전지 전해질막
Kaneka Corporation			•			SPer-FC 프로젝트(NEDO)
Johnson Matthey			•	•		PEFC와 DMFC용 MEA 개발
Sumitomo Chemical			•			고분자 전해질막 성능 및 내구성 향상 추진
Daikin Industries			•			불소계 신규 전해질 개발
Toyobo			•			전해질막 개발
Toray Industries			•			고분자 전해질막 개발
Nihon Gore			•			Gore의 일본법인으로, 박막 전해질의 성능과 저가화 개발 추진
3M			•			연료전지용 전해질 재료 공급
Fumatech			•			PEFC(저온/고온) 및 DMFC용 전해질 개발
Johnson Matthey Fuel Cell			•	•		PEFC와 DMFC용 MEA 개발
Solvay			•			연료전지 및 수전해장치의 불소계 전해질막 개발

〈표 2-5〉 PEFC Electrolyte 시장 전망

(단위 : m²)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	322	322	322	347	437	643	1,286
	Europe	707	707	707	772	900	2,508	8,295
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	1,029	1,029	1,029	1,119	1,337	3,151	9,581
Stationary (Residential)	Japan	23,737	21,629	21,813	27,710	36,362	86,837	130,101
	North America	0	0	0	0	412	10,610	26,061
	Europe	624	794	916	1,226	1,339	51,814	154,823
	Asia	669	551	566	680	886	10,610	51,814
	Sub total	25,029	22,974	23,294	29,615	38,999	159,871	362,799
FCV	Japan	23,863	15,602	20,088	24,214	104,745	270,879	1,297,655
	North America	26,678	45,661	37,794	41,285	140,904	433,131	2,180,756
	Europe	9,257	7,104	9,116	10,307	14,876	179,366	1,638,541
	Asia	6,183	6,841	15,391	21,395	31,479	209,565	1,256,474
	Sub total	65,982	75,207	82,390	97,201	292,004	1,092,940	6,373,426
Transportation	Japan	372	611	2,342	2,519	3,951	9,716	21,915
	North America	12,053	16,516	21,756	28,305	38,556	70,541	94,541
	Europe	494	1,628	2,128	6,207	8,831	31,929	85,664
	Asia	436	8,549	13,556	13,912	16,893	163,213	2,307,321
	Sub total	13,356	27,304	39,782	50,943	68,230	275,399	2,509,440
Portable/ Backup	Japan	643	366	397	611	763	916	1,221
	North America	4,120	4,033	4,376	5,221	6,076	17,108	37,879
	Europe	518	525	560	827	1,170	11,755	19,652
	Asia	474	478	814	1,679	3,206	15,673	30,053
	Sub total	5,755	5,403	6,147	8,338	11,215	45,451	88,805
Mobile Device	Japan	170	170	176	176	182	238	318
	North America	172	171	171	182	227	1,418	3,120
	Europe	174	171	171	182	227	1,418	3,120
	Asia	171	171	187	227	397	6,411	14,921
	Sub total	688	684	706	766	1,033	9,486	21,480
Total		111,838	132,601	153,348	187,982	412,818	1,586,297	9,365,531
Sub Total	Japan	48,786	38,378	44,815	55,229	146,003	368,585	1,451,209
	North America	43,345	66,703	64,419	75,340	186,611	533,451	2,343,643
	Europe	11,774	10,930	13,599	19,520	27,343	278,789	1,910,095
	Asia	7,933	16,590	30,514	37,893	52,860	405,472	3,660,583

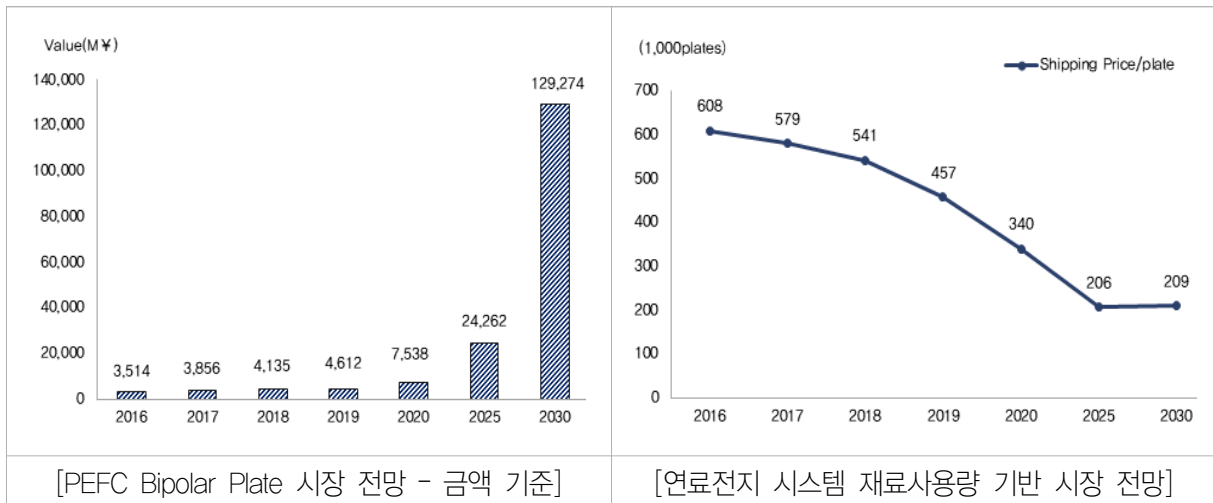
〈표 2-6〉 PEFC Electrolyte 시장 전망

(단위 : M¥)

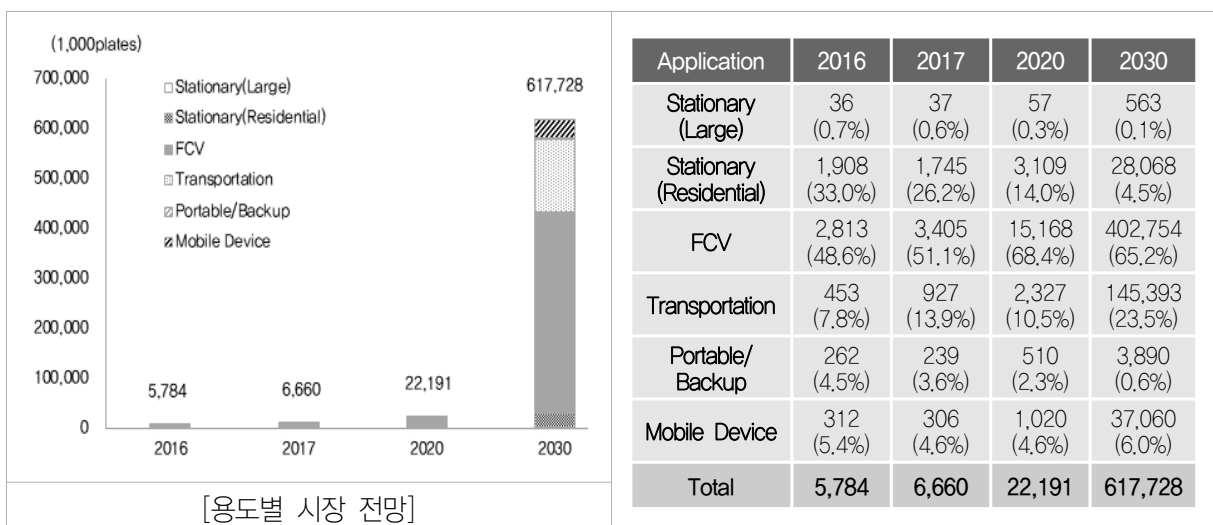
구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	22	22	22	22	22	26	51
	Europe	53	53	53	56	65	123	355
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	75	75	75	78	87	149	406
Stationary (Residential)	Japan	602	505	509	561	733	1,569	2,347
	North America	0	0	0	0	14	197	475
	Europe	26	29	33	33	33	938	2,792
	Asia	25	22	23	23	25	197	938
	Sub total	652	556	564	617	806	2,900	6,553
FCV	Japan	596	420	517	536	1,297	1,915	7,802
	North America	652	1,006	816	861	1,731	3,051	13,101
	Europe	339	255	282	285	306	1,275	9,848
	Asia	242	249	400	508	522	2,313	7,555
	Sub total	1,829	1,929	2,014	2,190	3,856	8,555	38,306
Transportation	Japan	14	21	73	78	121	254	505
	North America	364	498	655	852	1,159	1,835	2,175
	Europe	17	51	66	189	268	895	1,971
	Asia	13	264	417	428	533	4,245	53,069
	Sub total	409	835	1,212	1,547	2,081	7,228	57,721
Portable/ Backup	Japan	28	20	21	26	30	31	35
	North America	133	130	140	155	179	435	878
	Europe	24.7	24.9	26	32	41	301	459
	Asia	23	24	34	56	98	399	698
	Sub total	209	199	221	268	348	1,167	2,071
Mobile Device	Japan	10.2	10.2	10.4	10.4	10.6	12	15
	North America	10.3	10.2	10.2	10.6	11.9	48	99
	Europe	10.3	10.2	10.2	10.6	11.9	48	99
	Asia	10.2	10.2	10.7	11.9	17.0	197	453
	Sub total	41	41	42	43	51	305	665
Total		3,215	3,634	4,127	4,742	7,230	20,304	105,722
Sub Total	Japan	1,250	976	1,130	1,211	2,192	3,780	10,705
	North America	1,181	1,666	1,643	1,900	3,117	5,591	16,779
	Europe	470	423	470	605	725	3,581	15,524
	Asia	314	569	884	1,026	1,196	7,351	62,714

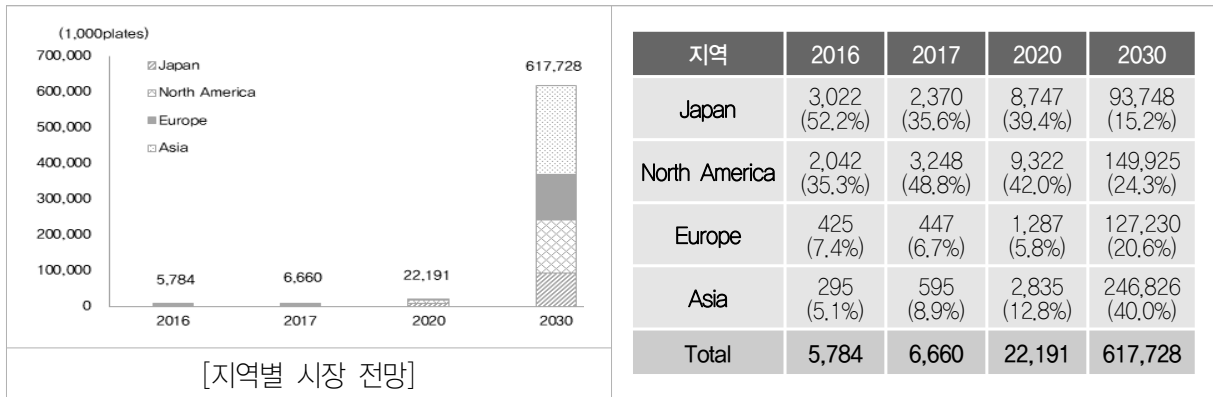
다. Bipolar Plate(Separator)

1) 시장 전망



- 2017년 Bipolar Plate 시장은 3.8억엔으로 가정용 연료전지와 휴대용·백업용 연료전지 보급은 감소하였지만, 수소전기차와 운송용 연료전지 보급 확대로 인해 전년대비 10% 성장
 - 운송용 연료전지용 스택 제조업체는 다양하며, Separator의 경우 규격이 표준화되어 있지 않고, 가스(연료)의 흐름 방법에 따라 변화하기 때문에 Separator 제조 기업별 제품이 다양
 - 스택 제조 기업 증가로 인해 Separator의 제품이 다양해질 것으로 기대하지만 가격 저가화 달성에는 부정적 요인으로 작용할 것으로 예상





2) 주요 기업 동향

□ Nisshinbo Holdings: 가정용 연료전지 Separator 개발

- 닛신보 홀딩스는 일본 내 가정용 연료전지 상용 초기부터 카본 세퍼레이터를 공급하고 있으며, 일본 내에서 독점
- 카본 세퍼레이터 판매는 ENE-FRAM 보급 확대에 따라 증가하고 있으며, 2018년 3월 기준 13억엔의 매출을 달성하였고, 일본 뿐만 아니라 Ballard Power System에 공급함에 따라 매출 확대를 기대

– Ballard Power System은 향후 트럭, 버스 등 상용차로의 연료전지 시스템 적용 확대를 추진

〈표 2-7〉 PEFC Bipolar Plate 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구기관	기타
H-ONE				•		혼다(Honda) Separator 성형 가공
Kobe Steel Group			•			티타늄계 Separator 개발
Shin-Etsu Polymer			•	•		연료전지용 분리판 개발
Nippon Steel Corporation			•			소재개발에서 성형가공
TOKUDA-ARD				•		프레스 금형 제조, 프레스 가공, 표면처리 가공
Toyota Auto Body				•		도요타 자동차 Separator 공급
Toyota Boshoku				•		도요타 자동차 Separator 공급
Nishimura				•		정밀 프레스 성형용 금형, 프레스 기술 개발
Nisshinbo Chemical			•	•		탄소 Separator 개발 기업
Nippon Steel Nisshin			•			수소전기차용 Separator 개발
Mitsubishi Pencil			•			신규 사업으로 Separator 개발
Hyundai Steel			•	•		NEXO용 금속 Separator 공급
Cell Impact			•			Separator 및 MEA 개발

〈표 2-8〉 PEFC Biopolar Plate 시장 전망

(단위 : 1,000 plates)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	14	14	14	17	23	39	79
	Europe	22,5	23,4	23,4	28	34	130	485
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	36	37	37	45	57	169	563
Stationary (Residential)	Japan	1,845	1,681	1,778	2,265	2,948	6,717	10,072
	North America	0	0	0	0	17	807	2,005
	Europe	28	38	48	79	94	4,002	11,989
	Asia	35	26	26	34	50	807	4,002
	Sub total	1,908	1,745	1,853	2,378	3,109	12,333	28,068
FCV	Japan	1,143	661	837	1,282	5,519	17,697	81,981
	North America	1,305	2,367	1,958	2,299	7,466	28,370	137,851
	Europe	237	213	302	415	609	11,678	103,547
	Asia	128	164	682	1,114	1,575	13,664	79,376
	Sub total	2,813	3,405	3,778	5,110	15,168	71,408	402,754
Transportation	Japan	11	19	79	85	134	643	1,290
	North America	413	566	746	971	1,328	2,539	3,025
	Europe	15	54	71	211	303	2,116	5,049
	Asia	15	288	458	470	563	10,823	136,029
	Sub total	453	927	1,354	1,738	2,327	16,121	145,393
Portable/ Backup	Japan	23	8	10	19	26	31	44
	North America	208	199	213	251	289	747	1,666
	Europe	16,7	16,7	18	31	48	511	860
	Asia	14,4	14,3	31	74	148	684	1,320
	Sub total	262	239	272	376	510	1,973	3,890
Mobile Device	Japan	0	0	10	10	120	220	360
	North America	104	102	102	120	200	2,300	5,300
	Europe	106	102	102	120	200	2,300	5,300
	Asia	102	102	130	200	500	11,100	26,100
	Sub total	312	306	344	450	1,020	15,920	37,060
Total		5,784	6,660	7,638	10,097	22,191	117,924	617,728
Sub Total	Japan	3,022	2,370	2,713	3,662	8,747	25,308	93,748
	North America	2,042	3,248	3,032	3,659	9,322	34,802	149,925
	Europe	425	447	565	884	1,287	20,736	127,230
	Asia	295	595	1,327	1,893	2,835	37,078	246,826

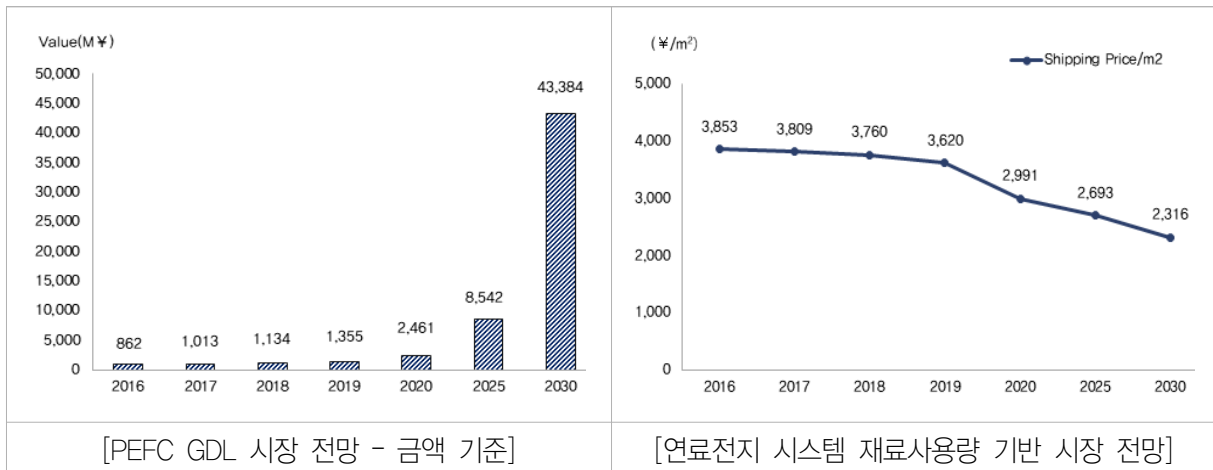
〈표 2-9〉 PEFC Bipolar Plate 시장 전망

(단위 : M¥)

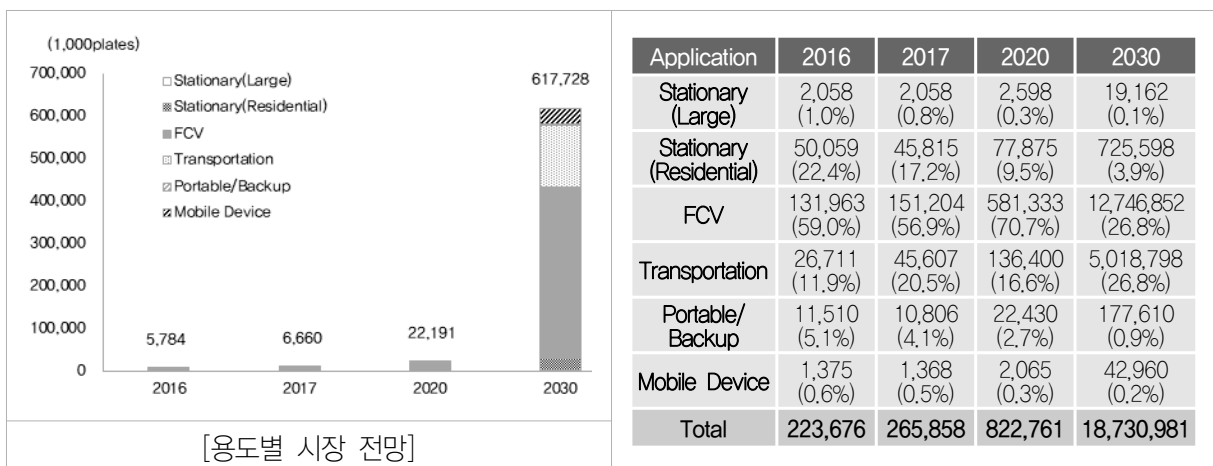
구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	27	27	27	32	34	39	79
	Europe	45	45	45	53	55	142	496
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	72	72	72	85	89	181	575
Stationary (Residential)	Japan	715	636	637	649	752	1,224	1,828
	North America	0	0	0	0	19	160	375
	Europe	28	34	40	41	41	735	2,173
	Asia	27	24	24	26	27	176	815
	Sub total	770	695	701	716	839	2,294	5,190
FCV	Japan	638	405	435	550	1,594	2,766	8,308
	North America	703	968	799	880	2,120	4,367	13,895
	Europe	274	270	289	296	320	1,877	10,478
	Asia	233	241	385	496	529	2,161	8,048
	Sub total	1,848	1,885	1,908	2,222	4,563	11,171	40,728
Transportation	Japan	10	17	64	69	109	355	711
	North America	352	482	524	555	732	1,398	1,665
	Europe	14	47	51	122	168	1,165	2,778
	Asia	13	248	394	404	490	5,954	74,817
	Sub total	389	795	1,033	1,151	1,498	8,872	79,971
Portable/ Backup	Japan	29	14	15	19	21	22	23
	North America	213	205	198	175	180	418	674
	Europe	22	22	22	28	36	287	351
	Asia	20	20	34	56	96	383	535
	Sub total	284	260	268	279	332	1,110	1,583
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	51	53	57
	North America	50.3	50.1	50.1	50.8	53	112	196
	Europe	50.4	50.1	50.1	50.8	53	112	196
	Asia	50.2	50.2	52.4	58.0	61	358	778
	Sub total	151	150	153	160	217	635	1,226
Total		3,514	3,856	4,135	4,612	7,538	24,262	129,274
Sub Total	Japan	1,393	1,072	1,151	1,288	2,526	4,420	10,927
	North America	1,345	1,732	1,598	1,693	3,137	6,493	16,883
	Europe	433	469	498	591	672	4,318	16,471
	Asia	343	583	889	1,040	1,203	9,032	84,992

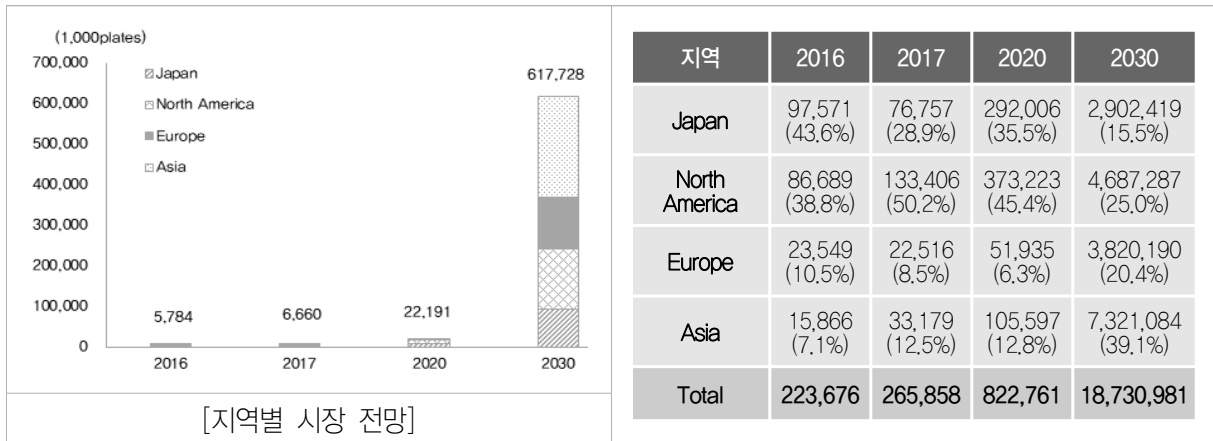
라. GDL(Gas Diffusion Layer)

1) 시장 전망



- 2017년 PEFC GDL 시장은 수소전기차 보급 확대에 영향을 받아 2016년 대비 17.5% 증가한 10억엔을 달성
 - 가정용 연료전지의 보급량은 다소 감소하였으나 세계적으로 수소전기트럭, 수소전기버스 등 운송용 연료전지의 보급이 확대됨에 따라 GDL 시장 증가에 영향을 끼침
 - 수소전기차 생산량이 감소할 것으로 예상되어 2020년 GDL 시장은 82만 m²에 달할 것으로 전망
 - ※ 2017년 발간한 후지경제의 연료전지 시장 전망 보고서에서는 2020년 GDL 시장이 115만 m²에 도달할 것으로 예측





2) 주요 기업 동향

□ Toray : 수소전기차용 GDL 공급

- 도레이는 Toyota와 Honda에 수소전기차용 GDL을 공급하였으며, 차세대 수소전기차 개발을 위해 현재 기술기반으로 GDL 개발 진행
- Carbon Paper 기술을 기반으로 미다공질층 설계 노하우와 코팅기술을 조합하여 연료전지 운전 제어에 따라 적합한 GDL 개발 능력 보유
- Toray는 새로운 공장 건설을 통해 GDL 생산 증가에 대응하고 있으며, 수소전기차의 수소탱크용 탄소섬유 생산 공장을 한국과 미국에 설립하여 본격적으로 해외 시장에 진출

〈표 2-10〉 PEFC GDL 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구기관	기타
Taiyo Wire Cloth			•	•		다양한 재료로 GDL 개발
Teijin			•			수소전기차용 GDL 개발
Toray			•			탄소 섬유 기반 GDL 도요타에 공급
Japan Vilene			•			부직포 공정 기반 GDL 개발
Microphase			•			카본나노튜브를 이용한 GDL 개발
Mitsubishi Chemical			•			롤 형태의 탄소섬유 기반 GDL 개발
AvCarb Material Solutions			•			수소전기차용 GDL 개발
Ce TECH			•			GDL 공급
Freudenberg Group			•			PEFC, DMFC용 GDL 개발
SGL Group The Carbon Company			•			현대차에 수소전기차용 GDL 공급

〈표 2-11〉 PEFC GDL 시장 전망

(단위 : m²)

구분	Actual		Estimate	Forecast				
	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	
	North America	643	643	643	694	874	1,286	2,572
	Europe	1,415	1,415	1,415	1,466	1,723	5,015	16,590
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	2,058	2,058	2,058	2,160	2,598	6,301	19,162
Stationary (Residential)	Japan	47,473	43,259	43,625	55,419	72,725	173,674	260,202
	North America	0	0	0	0	824	21,220	52,123
	Europe	1,248	1,455	1,583	2,266	2,678	103,627	309,646
	Asia	1,337	1,101	1,101	1,236	1,648	21,220	103,627
	Sub total	50,059	45,815	46,309	58,921	77,875	319,741	725,598
FCV	Japan	47,726	31,204	36,229	48,428	209,490	541,757	2,595,310
	North America	53,357	91,322	75,589	82,570	281,808	866,262	4,361,512
	Europe	18,514	14,997	17,444	19,277	27,078	358,731	3,277,082
	Asia	12,366	13,681	30,783	42,789	62,958	419,130	2,512,948
	Sub total	131,963	151,204	160,044	193,065	581,333	2,185,881	12,746,852
Transportation	Japan	745	1,221	4,684	5,039	7,903	19,431	43,829
	North America	24,105	33,032	43,511	56,611	77,111	141,081	189,081
	Europe	989	3,257	4,257	12,413	17,661	63,858	171,328
	Asia	872	17,097	27,112	27,824	33,785	326,345	4,614,560
	Sub total	26,711	54,607	79,564	101,887	136,460	550,716	5,018,798
Portable/ Backup	Japan	1,286	733	794	1,221	1,527	1,832	2,442
	North America	8,239	8,066	8,752	10,442	12,151	34,215	75,758
	Europe	1,036	1,050	1,119	1,655	2,341	23,509	39,304
	Asia	949	957	1,628	3,358	6,412	31,345	60,106
	Sub total	11,510	10,806	12,294	16,676	22,430	90,902	177,610
Mobile Device	Japan	340	340	352	352	363	477	635
	North America	345	343	343	363	454	2,837	6,241
	Europe	347	343	343	363	454	2,837	6,241
	Asia	343	343	374	454	794	12,822	29,843
	Sub total	1,375	1,368	1,412	1,532	2,065	18,972	42,960
Total	223,676	265,858	301,679	374,241	822,761	3,172,513	18,730,981	
Sub Total	Japan	97,571	76,757	85,683	110,458	292,006	737,171	2,902,419
	North America	86,689	133,406	128,838	150,680	373,223	1,066,902	4,687,287
	Europe	23,549	22,516	26,160	37,441	51,935	557,578	3,820,190
	Asia	15,866	33,179	60,998	75,662	105,597	810,862	7,321,084

〈표 2-12〉 PEFC GDL 시장 전망

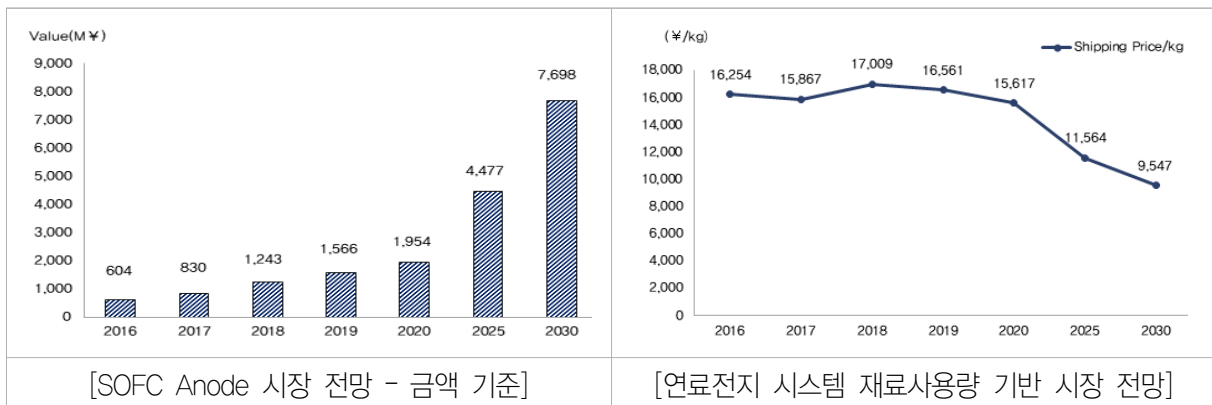
(단위 : M¥)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	13	13	13	14	16	19	26
	Europe	28	28	28	29	31	75	166
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	41	41	41	43	47	95	192
Stationary (Residential)	Japan	157	143	144	144	167	330	494
	North America	0	0	0	0	2	40	99
	Europe	4.1	4.8	5.2	5.9	6.2	197	588
	Asia	4.4	3.6	3.6	3.6	3.8	40	197
	Sub total	165	151	153	154	179	608	1,379
FCV	Japan	172	112	130	174	587	1,354	5,191
	North America	192	329	272	297	789	2,166	8,723
	Europe	67	54	63	69	76	897	6,554
	Asia	45	49	111	154	176	1,048	5,026
	Sub total	475	544	576	695	1,628	5,465	25,494
Transportation	Japan	3	5	17	18	28	62	131
	North America	96	126	157	204	270	451	567
	Europe	4	12	15	45	62	204	514
	Asia	3	65	103	106	128	1,044	13,844
	Sub total	107	208	292	372	487	1,762	15,056
Portable/ Backup	Japan	5.1	2.8	2.9	4	5	6	7
	North America	33	31	32	38	43	109	227
	Europe	4.1	4.0	4.0	6	8	75	118
	Asia	3.8	3.6	6	12	22	100	180
	Sub total	46	41	44	60	79	291	533
Mobile Device	Japan	6.8	6.8	7	7	7	8	11
	North America	6.9	6.9	6.9	7.3	9	48	106
	Europe	6.9	6.9	6.9	7.3	9	48	106
	Asia	6.9	6.9	7.5	9.1	16	218	507
	Sub total	28	27	28	31	41	323	730
Total		862	1,013	1,134	1,355	2,461	8,542	43,384
Sub Total	Japan	343	269	301	348	794	1,761	5,835
	North America	341	505	480	560	1,128	2,834	9,748
	Europe	114	110	123	163	192	1,497	8,046
	Asia	63	128	231	284	346	2,451	19,754

3 SOFC 스택 부품 시장 동향

가. Electrode(Anode)

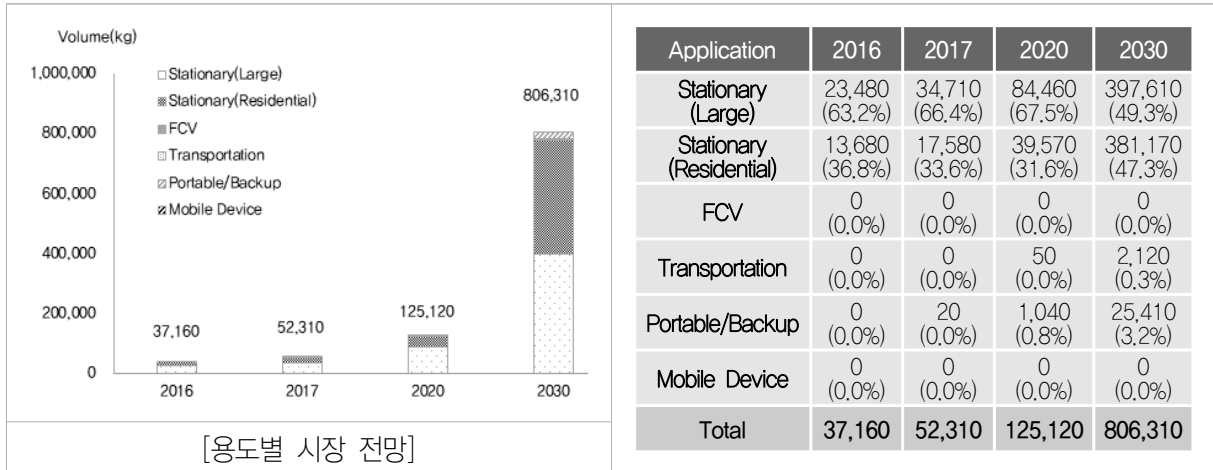
1) 시장 전망



- 2017년 SOFC 전극(Anode)시장은 8억 3,000만엔으로 전년대비 37.4% 증가하였으며, 이는 산업·업무용 연료전지 시장 확대에 따라 증가한 것으로 판단
 - 산업·업무용 연료전지 시장은 Bloom Energy가 주도하고 있으며, 2017년 산업·업무용 연료전지의 신규 수주는 부진하였지만 수주 잔량에 대하여 시스템 및 재료 시장은 증가
 - 2018년 산업·업무용 연료전지 수주 확대로 Anode 시장이 회복될 것으로 기대

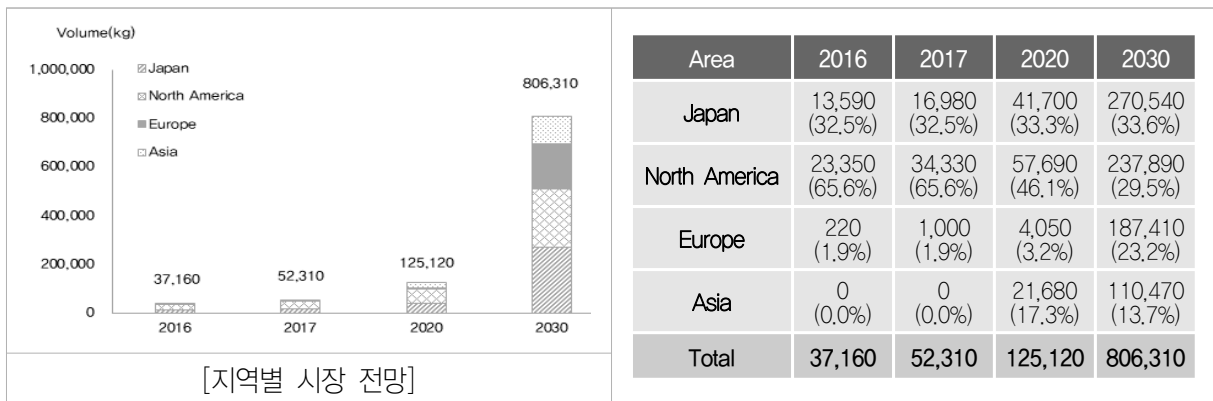
- 2017년 SOFC 전극(Anode)시장은 산업·업무용 연료전지가 약 66% 이상을 차지하고 있지만, 가정용 연료전지용 SOFC 시스템 개발·보급이 증가됨에 따라 전극 재료 시장에서 차지하는 비중은 비슷할 것으로 예측
 - 산업·업무용 연료전지 시장을 선도하고 있는 Bloom Energy의 SOFC 셀·스택은 전해질지지형으로 사용하는 Anode의 두께는 30~50 μm
 - 가정용 SOFC 시스템을 활발히 보급하고 있는 아이신 정기와 산업·업무용 연료전지 시장 진입을 목표로 하는 일본 기업은 음극지지형 구조의 SOFC 개발

- 음극지지형(Anode-Supported) 구조는 음극(Anode)을 지지체로 하며, 전해질 박막화 가능해 연료전지 시스템 성능 향상이 가능



□ 2020년 이후 SOFC Anode시장은 Portable 및 Backup분야의 시장 진입으로 확대

- 유럽 중심으로 데이터센터 백업전원 및 APU(보조전원)용 SOFC 시스템 개발로 시장에 진입
 - SOLIDpower는 백업전원용 SOFC 시스템을 개발하고, Ceres Power는 운송용 연료전지에 활용하기 위한 금속지지형 구조의 SOFC 개발을 실시



□ SOFC 제조기업에 따라 셀 · 스택 구조와 지지체의 구조는 다르며, 현재 Bloom Energy의 평판형 (전해질지지형), Kyocera의 평판형(음극지지형)이 양산화

- 음극지지형은 전해질의 박막화가 가능해 스택의 고성능화가 가능하며, 일본 SOFC 시스템 제조 기업들이 적극적으로 개발하고 있어 향후 음극지지형 구조의 SOFC 시스템 보급이 증가할 전망
- 금속지지형은 내진성이 우수하고 비교적 가격이 저렴한 스테인레스를 기판으로 사용할 수 있어 운송용 연료전지를 타겟으로 하여 개발 진행

〈표 3-1〉 기업별 SOFC 단전지 구조

구조	평판형	원통형	평판형	기타
전해질지지형	Bloom Energy Sunfire Fraunhofer IKTS			Anode : 30~50 μm 전해질 : 100 μm Cathode : 30~50 μm
음극지지형	일본특수도업 SOLIDpower FuelCell Energy Elcogen	TOTO Atrex Energy	Kyocera	Anode : 200~500 μm 전해질 : 10~30 μm Cathode : 30~50 μm
금속지지형	Ceres Power Plansee GE			Anode : 20~50 μm 전해질 : 5~30 μm Cathode : 30~50 μm
기타	무라타	MHPS	NGK	-

- SOFC Anode는 NiO(산화니켈)과 YSZ가 혼합된 서멧(Cermet) 형태의 재료를 사용하는 경우가 대부분
 - 일본의 Sumitomo Metal Mining과 Seido Chemical Industry에서 고순도 산화니켈(NiO) 생산 추진
 - Sumitomo Metal Mining은 SOFC anode용 고순도 산화니켈(NiO) 분말 양산화 실증 설비를 구축(2018년)하였으며, 니켈 원료 정제에서 재료 제조까지 일관된 생산 공정을 보유하는 등 연료전지 시장 확대를 위한 대응 강화
 - YSZ는 일본의 Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo와 Toray가 중국의 Sinocera 등이 주요 공급 업체

〈표 3-2〉 SOFC Anode 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구 기관	소매 업체	기타
KCM Corporation			•				SOFC 소재 개발
Sumitomo Metal Mining			•				산화니켈 생산 기업으로 양산화 설비 도입
Seido Chemical			•				니켈화합물, 아연화합물, 코발트화합물 개발
Toyo Corporation						•	fuelcellmaterial의 제품 취급
Magnex				•		•	일본에 Kceracell 제품 유통
Cera-FC			•				전해질 재료 중심, NiO, YSZ 취급
EG Corporation			•				SOFC용 NiO 재료 개발
Kceracell			•				SOFC용 재료 취급
Nexceris		•	•	•			NexTech Materials에서 회사명 변경
Praxair			•				음극 재료 중심 개발 진행
SOFCMAN Energy Technology		•	•				셀, 스택 제조기업으로 재료의 판매 실시

〈표 3-3〉 SOFC Anode 시장 전망

(단위 : kg)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	130	180	520	1,060	3,860	20,430	48,190
	North America	23,350	34,310	46,180	49,450	56,490	111,600	192,710
	Europe	0	220	220	1,260	2,430	18,900	81,530
	Asia	0	0	4,430	15,620	21,680	54,180	75,180
	Sub total	23,480	34,710	51,350	67,390	84,460	205,110	397,610
Stationary (Residential)	Japan	13,460	16,800	20,220	25,320	37,840	107,100	222,350
	North America	0	0	0	0	110	9,000	17,650
	Europe	220	780	1,220	1,320	1,620	45,000	105,880
	Asia	0	0	0	0	0	9,000	35,290
	Sub total	13,680	17,580	21,440	26,640	39,570	170,100	381,170
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	50	1,130	2,120
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	50	1,130	2,120
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	20	290	530	1,040	10,800	25,410
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	20	290	530	1,040	10,800	25,410
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		37,160	52,310	73,080	94,560	125,120	387,140	806,310
Sub Total	Japan	13,590	16,980	20,740	26,380	41,700	127,530	270,540
	North America	23,350	34,330	46,470	49,980	57,690	132,530	237,890
	Europe	220	1,000	1,440	2,580	4,050	63,900	187,410
	Asia	0	0	4,430	15,620	21,680	63,180	110,470

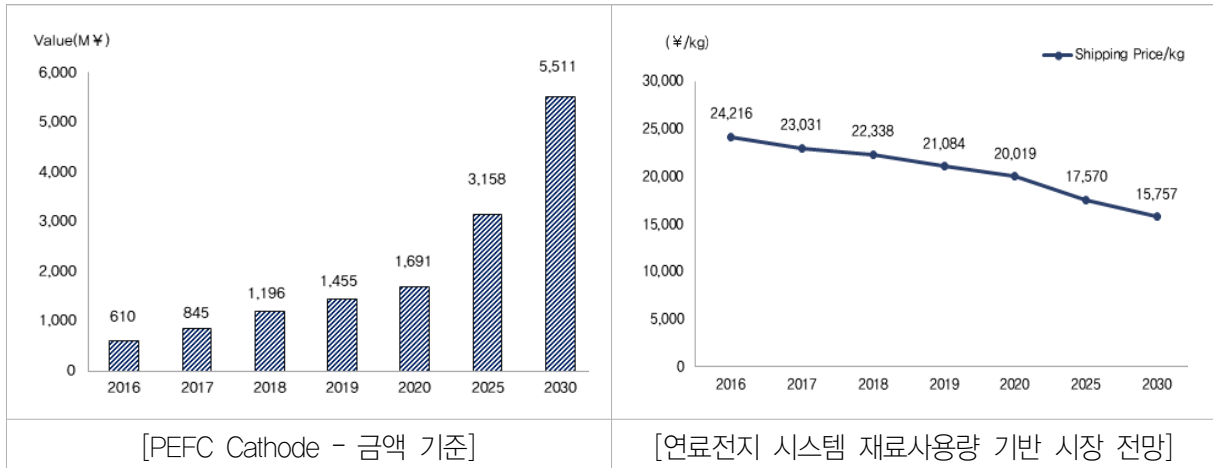
〈표 3-4〉 SOFC Anode 시장 전망

(단위 : M₩)

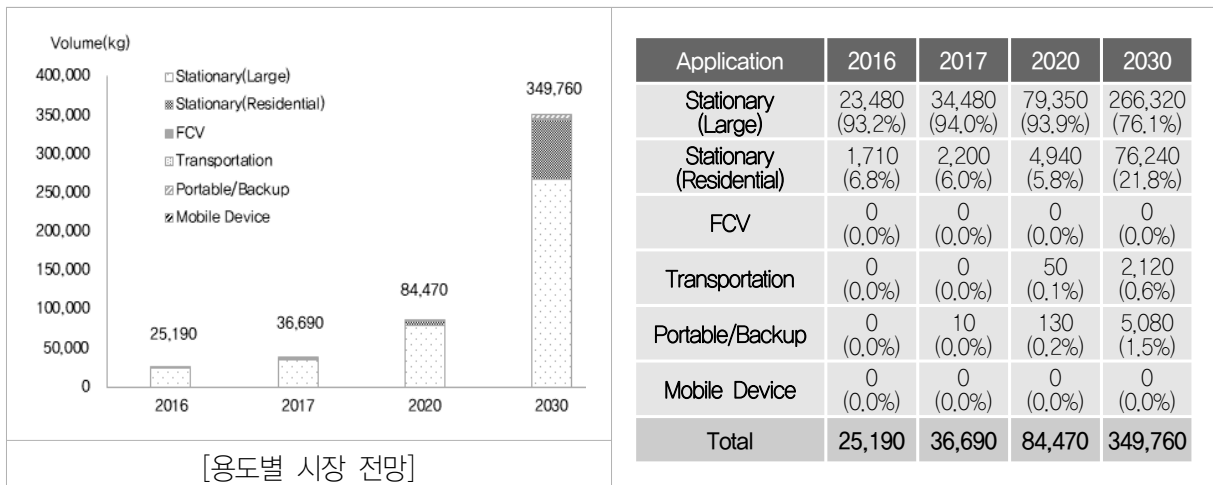
구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	2	3	9	18	61	245	530
	North America	362	515	794	831	893	1,339	2,120
	Europe	0	3	4	21	38	227	897
	Asia	0	0	76	262	343	650	827
	Sub total	364	521	883	1,132	1,335	2,461	4,374
Stationary (Residential)	Japan	236	294	334	405	575	1,178	1,779
	North America	0	0	0	0	2	99	141
	Europe	4	14	20	21	25	495	847
	Asia	0	0	0	0	0	99	282
	Sub total	240	308	354	426	602	1,871	3,049
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	1	15	21
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	1	15	21
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	1	6	8	16	130	254
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	1	6	8	16	130	254
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		604	830	1,243	1,566	1,954	4,477	7,698
Sub Total	Japan	238	297	343	423	636	1,423	2,309
	North America	362	516	800	839	912	1,583	2,536
	Europe	4	17	24	42	63	722	1,744
	Asia	0	0	76	262	343	749	1,109

나. Electrode(Cathode)

1) 시장 전망

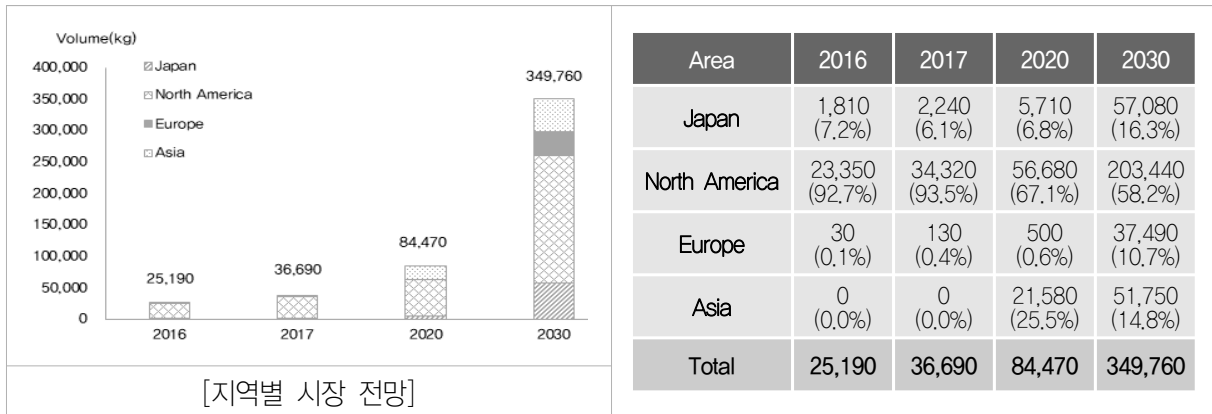


- 2017년 SOFC Electrode(Cathode)의 시장은 전년 대비 38.5% 증가한 8억 4,500만엔을 달성
 - 양산에 의한 수요 확대로 인해 Cathode의 단가 하락이 진행될 것으로 예상되지만, 저온형 SOFC 및 성능향상을 위한 새로운 전극(Cathode) 개발이 지속될 것으로 예상되며, Anode에 비해 재료 단가 하락률은 낮을 것으로 예상



- 2017년 SOFC Cathode 시장은 산업·업무용 연료전지가 94.0%를 차지하며, Bloom Energy가 북미지역의 수요를 대부분 담당하고, 향후 SOFC 양산 기업 증가로 북미 외 지역에서도 수요가 증가할 것으로 전망

- 가정용 연료전지는 산업·업무용 연료전지에 비해 1대당 용량이 작아 2017년 전극 재료 수요 비중은 6.0%이나 SOFC시스템 가격 하락과 일본, 아시아, 유럽 시장의 확대로 2030년은 20% 이상을 차지



- SOFC Cathode 재료는 LSCF(Lanthanum Strontium Cobalt Ferrite), LSM(Lanthanum Strontium Manganate), LSF(Lanthanum Strontium Ferrite) 등 SOFC의 작동온도와 특성에 따라 사용하는 재료가 다르지만 대부분 LSCF를 사용
 - Bloom Energy는 LSCF를 사용하며, Kyocera는 LSF, MHPS(Mitsubishi Hitachi Power Systems)는 LSCM을 사용

〈표 3-5〉 기업별 SOFC 재료 사용 현황

국가	일본						미국		에스토니아
	Kyocera	MHPS	TOTO	NGK Spark Plug	NGK Insulators	Murata	Bloom Energy	SOLID power	Elcogen
Cathode	LSF	LSCM	LSCF	LSCF	LSCF	LSCF	LSCF	LSCF	LSC
전해질	YSZ	YSZ	LSGM	YSZ	YSZ	SeSZ	SeSZ	YSZ	YSZ
Anode	Ni/YSZ	Ni/YSZ	Ni/YSZ Ni/GDC	Ni/YSZ	Ni/YSZ	Ni/SeSZ	Ni/SeSZ	Ni/YSZ	Ni/YSZ

2) 개발 동향

- 저온 작동 및 고성능화를 위한 새로운 전극 재료 개발을 추진
 - SOFC 작동온도가 낮아짐에 따라 재료의 선택 폭이 넓어져 가동시간 단축, 연료전지 수명 향상 등 성능이 개선될 것으로 전망

- LSCF는 700~800°C의 중온에서 사용하는 재료로, 작동온도가 700°C 이하로 낮아지면 전극 저항이 급격히 증가하여 저온에 적합한 전극 재료 개발이 필요
- 작동온도가 700°C 이하로 낮아지게 되면 기존 내열합금에서 스테인레스 기반 재료로 전환이 가능해 시스템 저가화도 가능할 것으로 전망
- Elcogen(에스토니아)에서는 LSC를 Cathode 재료로 사용하는데, 600°C에서도 작동이 가능하나 내구성의 문제가 발생
 - 박막나노기술 기반 금속지지형 SOFC는 600°C 정도(400°C까지 가능할 것으로 전망)의 저온 작동화가 가능하며, 운송용 분야에 적용할 수 있을 것이라 기대

- 고온에서 작동하는 SOFC는 전극, 전해질 등 셀 핵심 구성 재료들이 열화하는 문제가 발생하며, Cathode의 열화는 Cr 피독, 유황 피독 등이 원인
- Cr 피독은 내열합금으로 사용되는 Cr이 고온에서 휘발되어 Cathode의 환원반응을 발생시켜 성능열화를 유발시키며, 고온에서 작동가능한 LSM, LSCM에서 발생하는 경우가 대부분
 - 유황 피독은 공기 또는 연료에서 불순물로 존재하는 유황이 Cathode에 흡착되며, 열화의 장기 원인

〈표 3-6〉 SOFC Cathode 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구 기관	소매 업체	기타
AGC Seimi Chemical			•				SOFC 전극 및 전해질 재료 등 개발
Dowa-Electronics			•				LSCF, LSCM 등 음극 재료 개발
KCM Corporation			•				SOFC 재료 개발
Solvay Special Chem Japan			•				SOFC용 Cathode 개발
Daiichi Kigenso Kogyo			•				SOFC용 전해질 공급
Magnex				•		•	H.C.Starck 음극 재료 국내 공급
Cera-FC			•				LSM, LSCF 개발
ElectroScience Laboratories(ESL)						•	전극, 전해질, 인터커넥터 등 SOFC용 재료 개발
H.C.Starck			•				LSM, LSCF, LSCM 등 개발
Nexceris			•				NexTech Materials에서 회사명 변경
Praxair			•				음극 및 양극, 전해질 재료 취급
SOFCMAN Energy Technology		•	•				셀, 스택 제조기업으로 LSM, LSCF, LSC 판매

〈표 3-7〉 SOFC Cathode 시장 전망

(단위 : kg)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	130	140	180	390	980	3,740	12,610
	North America	23,350	34,310	46,180	49,450	56,490	111,600	192,710
	Europe	0	30	30	160	300	2,360	16,310
	Asia	0	0	4,430	15,620	21,580	38,280	44,690
	Sub total	23,480	34,480	50,820	65,620	79,350	155,980	266,320
Stationary (Residential)	Japan	1,680	2,100	2,530	3,160	4,730	13,390	44,470
	North America	0	0	0	0	10	1,130	3,530
	Europe	30	100	150	160	200	5,630	21,180
	Asia	0	0	0	0	0	1,130	7,060
	Sub total	1,710	2,200	2,680	3,320	4,940	21,280	76,240
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	50	1,130	2,120
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	50	1,130	2,120
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	10	40	70	130	1,350	5,080
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	10	40	70	130	1,350	5,080
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		25,190	36,690	53,540	69,010	84,470	179,740	349,760
Sub Total	Japan	1,810	2,240	2,710	3,550	5,710	17,130	57,080
	North America	23,350	34,320	46,220	49,520	56,680	115,210	203,440
	Europe	30	130	180	320	500	7,990	37,490
	Asia	0	0	4,430	15,620	21,580	39,410	51,750

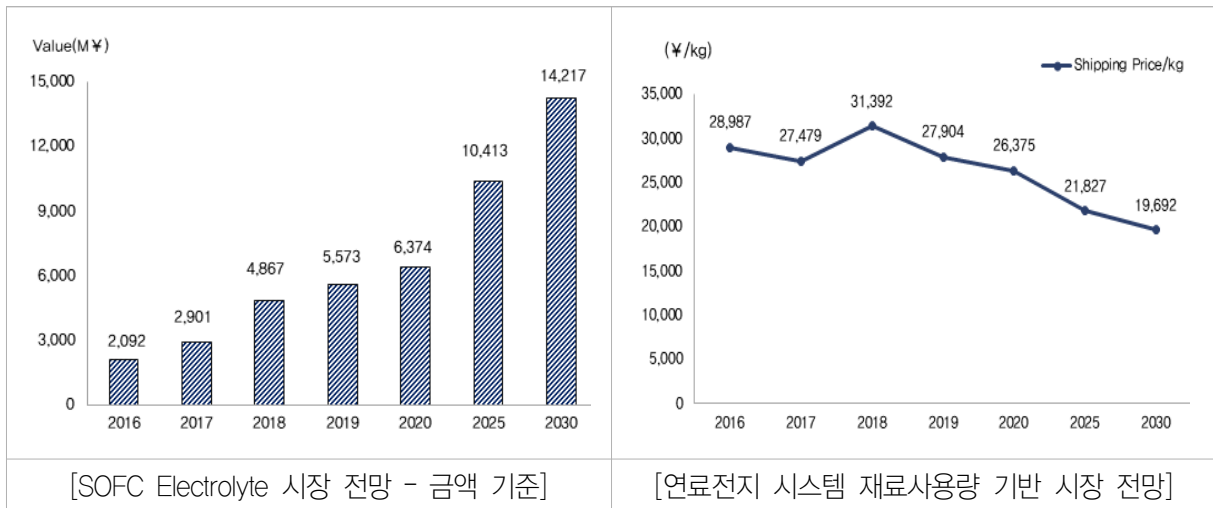
〈표 3-8〉 SOFC Cathode 시장 전망

(단위 : M¥)

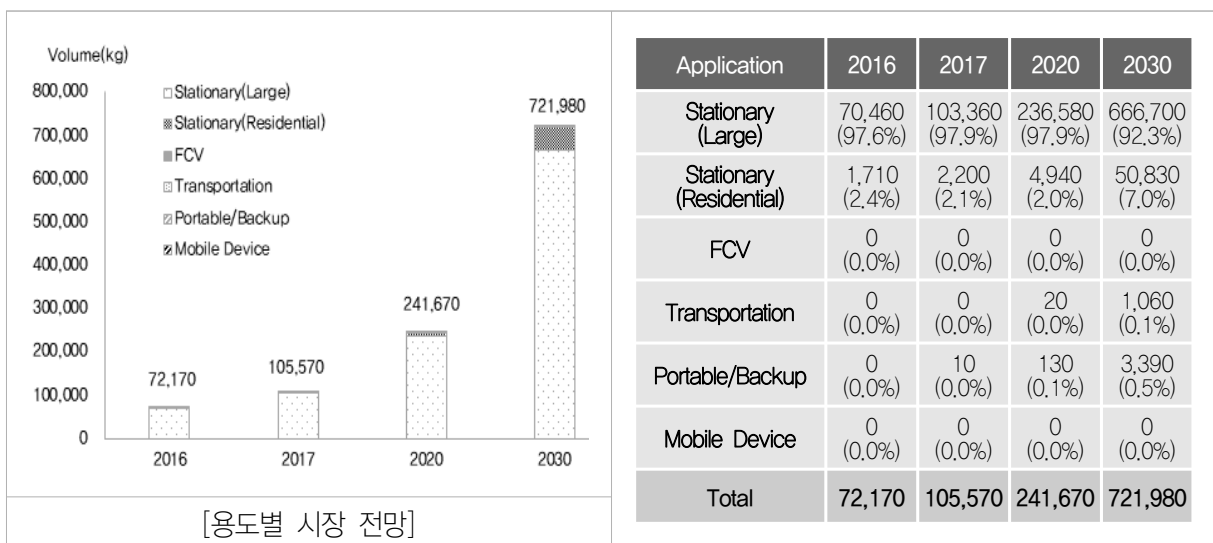
구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	3	3	4	8	20	65	199
	North America	565	789	1,030	1,043	1,130	1,953	3,045
	Europe	0	1	1	3	6	41	258
	Asia	0	0	99	330	432	670	706
	Sub total	568	793	1,134	1,384	1,588	2,729	4,208
Stationary (Residential)	Japan	41	49	57	66	95	241	689
	North America	0	0	0	0	0	20	55
	Europe	1	2	3	3	4	101	328
	Asia	0	0	0	0	0	20	109
	Sub total	42	51	60	69	99	382	1,181
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	1	21	36
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	1	21	36
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	1	2	2	3	26	86
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	1	2	2	3	26	86
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		610	845	1,196	1,455	1,691	3,158	5,511
Sub Total	Japan	44	52	61	74	115	306	888
	North America	565	790	1,032	1,045	1,134	2,020	3,222
	Europe	1	3	4	6	10	142	586
	Asia	0	0	99	330	432	690	815

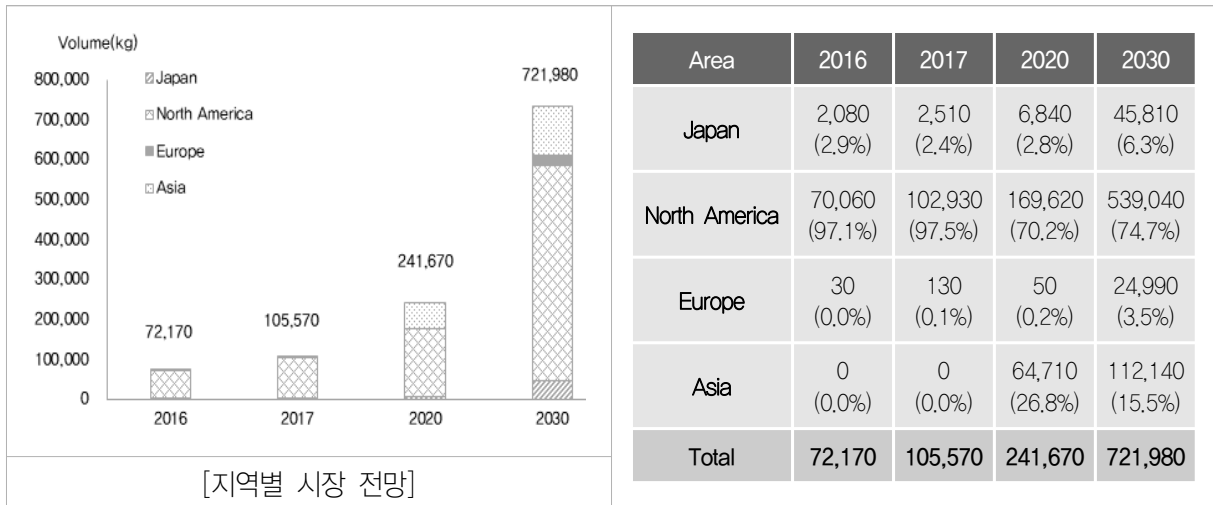
다. Electrolyte

1) 시장 전망



- 2017년 산업·업무용 연료전지의 신규수주 감소로 인해 출하 기준 전년대비 소폭 감소하였으나 2018년 수요증가로 인해 SOFC Electrolyte 시장은 증가할 것으로 예상
 - 2017년 신규 수주 감소는 북미지역의 ITC 제도 중단이 원인으로 Bloom Energy는 보조금에 의존하지 않는 시장 진입을 위해 재료 저가화를 위한 개발 추진
 - 2018년 ITC 제도의 재개로 연료전지 설비 수주가 증가하여 Electrolyte 수요도 증가할 전망





- 전해질(Electrolyte)의 두께는 SOFC 단전지의 지지체 구조에 따라 다르며, 전해질 지지형은 100 μm 이상, 음극지지형의 전해질은 10~30 μm
 - Bloom Energy는 전해질 지지형 SOFC 시스템을 개발하고 있으며, 희토류 원소인 스칸듐 (Scandium, Sc)이 첨가된 ScSZ(Scandia stabilized zirconia)계 전해질을 사용
 - 2018년 Bloom Energy SOFC 시스템 수주 확대에 따라 스칸듐의 수요가 늘어나 재료 단가 상승 예상

2) 분야별 동향

- 2017년 SOFC Electrolyte 시장은 산업·업무용 연료전지가 주도하고 있으며, Kyocera 등에서는 음극지지형 구조의 가정용 SOFC를 개발하고 있기 때문에 Electrolyte 시장은 산업·업무용 연료전지에 의한 시장형성이 지속될 것으로 전망
 - 전도성이 우수한 ScSZ계 전해질은 소재 공급과 높은 비용으로 인해 Bloom Energy외 사용 가능성은 낮은 편
 - 음극지지형 및 금속지지형의 단전지 개발이 증가하면서, YSZ(Yttria stabilized zirconia)계 전해질을 사용하는 기업 증가
 - 음극지지형 및 YSZ 전해질을 사용함에 따라 박막화로 성능 향상을 추진하고 있으며, 개발 중인 기업의 증가로 셀 당 재료 사용량과 평균단가는 점차 감소할 것으로 예측

- 산업·업무용 연료전지를 주도하는 Bloom Energy의 영향으로 북미지역에서 판매가 대부분
 - 향후 일본과 유럽 중심으로 음극지지형 및 금속지지형 SOFC 개발을 통해 시장이 형성될 것으로 보이나 전해질의 박막화로 인해 Electrolyte 시장에 미치는 영향은 상대적으로 낮을 것이라 예상
 - 향후에도 Bloom Energy가 주도하고 있는 북미와 한국 등 아시아 지역에서의 비중이 높아질 전망

3) 개발 동향

- 주요 국가에서는 SOFC 스택의 고성능화 및 저온작동을 위한 전해질 개발에 집중
 - SOFC 성능은 전해질의 이온전도도에 영향을 받기 때문에 이온전도도를 높이기 위하여 전해질의 박막화 및 전자전도성이 높은 재료 개발을 추진하여 전해질의 저항을 낮추기 위한 연구 진행
 - SOFC 시스템의 비용 절감을 위하여 저온에서 작동하는 셀과 스택이 필요하므로 이를 위하여 저온에서도 전기저항이 낮고 이온전도가 큰 전해질 개발이 필요
 - 가장 많이 사용되는 SOFC용 전해질은 YSZ로 낮은 비용과 안정성이 우수한 특징을 가지고 있지만 이온전도성이 좋지 않아 박막화가 필요하며, ScSZ는 YSZ보다 이온전도가 높고 중온 작동에 유리한 재료이지만 높은 비용이 단점
 - 최근에는 지르코니아계 재료 이외에 높은 이온전도도를 갖는 LSGM과 Ceria계의 전해질 연구도 활발히 진행 중
 - CeresPower는 Ceria계 전해질인 CGO(Gadolinium doped Ceria) 사용하여 500~600°C에서 작동하는 금속지지형 구조의 SOFC를 SteelCell 개발
 - 일본 산업기술종합연구소(AIST, National Institute of Advanced Science and Technology)는 80mm 크기의 양성자 전해질을 이용한 세라믹 연료전지(PCFC)개발에 성공
 - 양성자 전해질을 사용하면 이론적인 SOFC의 연료 효율이 100%이기 때문에 기존 SOFC보다 발전효율이 20% 이상 향상될 것으로 기대
- 일본과 중국 중심으로 SOFC 전해질 개발 진행 중
 - 일본에서는 Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo가 ScSZ를 양산하고 있으며, Tosoh와 KCM에서는 YSZ를 개발

- Sumitomo Metal Mining은 ScSZ의 원료인 스칸듐의 안정적 공급을 위해 니켈광석에서 스칸듐을 회수해 연간 7.5톤 생산하는 공장 건설

- 중국에서는 지르코늄 화합물 생산량이 많은 기업 중심으로 전해질 재료 개발

〈표 3-9〉 SOFC Electrolyte 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구 기관	소매 업체	기타
AGC Seimi Chemical			•				SOFC 전극 및 전해질 재료 개발
KCM Corporation			•				SOFC 재료 개발
Toyo Corporation						•	fuelcellmaterials.com의 제품 취급
Daiichi Kigenso Kagaku Kogyo			•				SOFC용 전해질 공급 업체
Nippon Shokubai		•		•			지르코니아 기반 전해질 재료 개발
Sumitomo Metal Mining			•				스칸듐 회수 사업 추진
Magnex				•		•	Kceracell의 전해질 재료 사용
Cera-FC			•				ScSZ, YSZ, Ceria계 전해질 개발
ChaoZhou Three-Circle		•	•	•			SOFC 셀, 스택 등 관련 재료 개발
Kceracell			•				ScSZ, YSZ, Ceria계 전해질 개발
MEL Chemicals			•				영국의 전해질 생산 기업
Nexceris		•	•	•			NexTech Materials에서 회사명 변경
Praxair			•				YSZ, ScSZ 프로톤 전도체 제품화
Sinocera			•				중국의 전해질 제조 기업
SOFCMAN Energy Technology		•	•				셀, 스택 제조 기업으로 YSZ, ScSZ, CGO 판매

〈표 3-10〉 SOFC Electrolyte 시장 전망

(단위 : kg)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	400	410	450	960	2,110	6,440	16,160
	North America	70,060	102,920	138,540	148,360	169,460	334,800	532,240
	Europe	0	30	30	160	300	2,360	10,870
	Asia	0	0	13,300	46,850	64,710	110,280	107,430
	Sub total	70,460	103,360	152,320	196,330	236,580	453,880	666,700
Stationary (Residential)	Japan	1,680	2,100	2,530	3,160	4,730	13,390	29,650
	North America	0	0	0	0	10	1,130	2,350
	Europe	30	100	150	160	200	5,630	14,120
	Asia	0	0	0	0	0	1,130	4,710
	Sub total	1,710	2,200	2,680	3,320	4,940	21,280	50,830
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	20	560	1,060
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	20	560	1,060
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	10	40	70	130	1,350	3,390
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	10	40	70	130	1,350	3,390
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		72,170	105,570	155,040	199,720	241,670	477,070	721,980
Sub Total	Japan	2,080	2,510	2,980	4,120	6,840	19,830	45,810
	North America	70,060	102,930	138,580	148,430	169,620	337,840	539,040
	Europe	30	130	180	320	500	7,990	24,990
	Asia	0	0	13,300	46,850	64,710	111,410	112,140

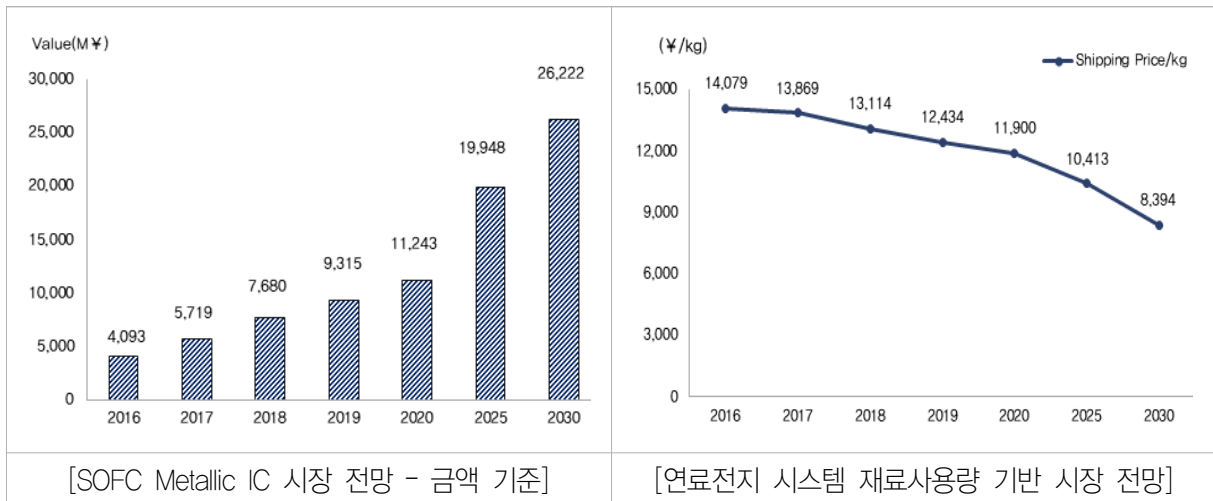
〈표 3-11〉 SOFC Electrolyte 시장 전망

(단위 : M₩)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	12	11	14	27	56	142	323
	North America	2,032	2,830	4,364	4,154	4,491	7,366	10,645
	Europe	0	1	1	4	8	52	217
	Asia	0	0	419	1,312	1,715	2,426	2,149
	Sub total	2,044	2,842	4,798	5,497	6,270	9,986	13,334
Stationary (Residential)	Japan	47	55	63	70	95	238	460
	North America	0	0	0	0	0	20	36
	Europe	1	3	4	4	4	100	219
	Asia	0	0	0	0	0	20	73
	Sub total	48	58	67	74	99	378	788
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	1	15	27
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	1	15	27
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	1	2	2	4	34	68
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	1	2	2	4	34	68
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		2,092	2,901	4,867	5,573	6,374	10,413	14,217
Sub Total	Japan	59	66	77	97	151	380	783
	North America	2,032	2,831	4,366	4,156	4,496	7,435	10,776
	Europe	1	4	5	8	12	152	436
	Asia	0	0	419	1,312	1,715	2,446	2,222

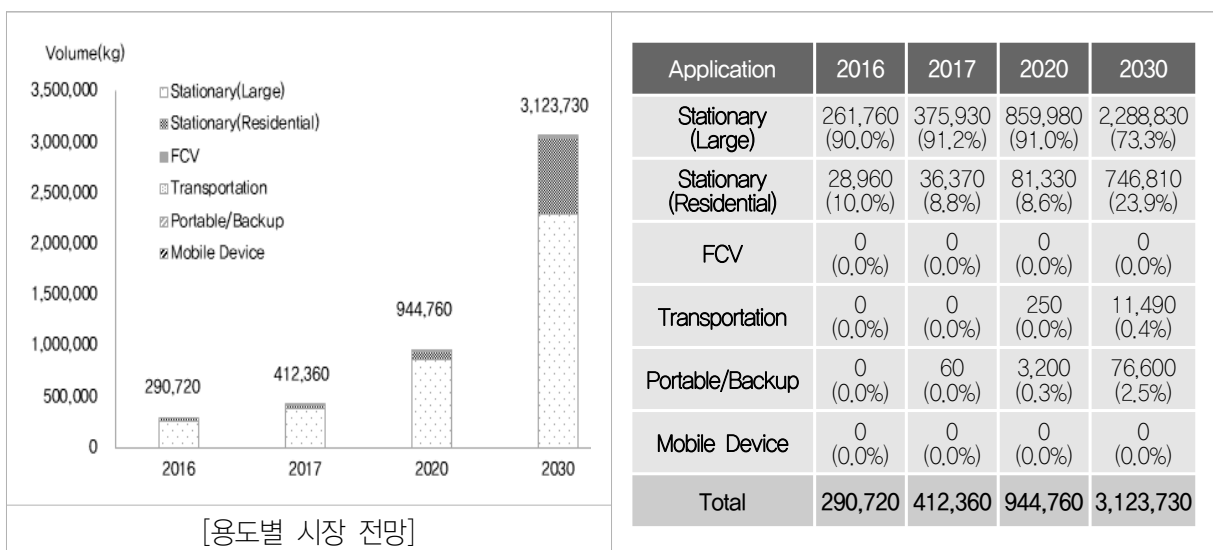
라. Metallic IC

1) 시장 전망



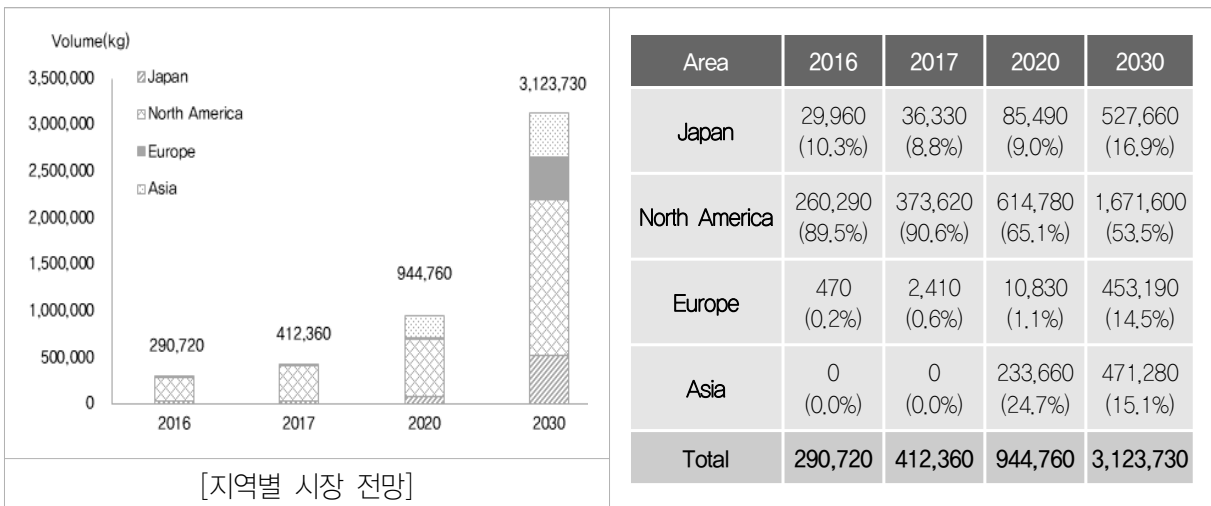
□ SOFC Metallic Interconnects(금속 인터커넥터)시장은 2017년과 2018년 비슷한 수준의 성장률을 보일 것으로 예상되며, 2017년 신규수주 감소로 재료 출하량(¥/kg)이 감소하였으나, 2018년은 전년 대비 2배 이상의 수주량을 보일 것으로 예측

- 금속 인터커넥터 시장은 Bloom Energy의 수요로 인한 시장 형성이 대부분으로, Bloom Energy는 Fe-Cr계 합금을 금속 인터커넥터 재료로 사용



□ Bloom Energy의 수요가 대부분으로 북미 지역에서의 수요가 높은 상황

- Bloom Energy의 SOFC 금속 세퍼레이터는 두께가 2 mm 정도로 1 kW 당 5 kg 이상의 금속 세퍼레이터를 사용하고 있기 때문에 시장의 대부분을 차지
- Kyocera의 금속 세퍼레이터는 얇고 사용량이 적어 금속 세퍼레이터 시장에서 가정용 연료전지가 차지하는 비중은 10% 미만
- 향후, 산업·업무용 연료전지 중심으로 시장이 확대될 것으로 예상되나, SOFC 시스템의 경량화·저가화를 목표로 하여 금속 인터커넥터의 사용량이 감소될 것으로 전망



2) 개발 동향

□ 높은 작동온도(800~1,000°C)에서 세라믹셀과 열팽창계수가 부합하고, 내열성이 우수한 SOFC용 금속 인터커넥터 개발 추진

- Fe-Cr계 금속을 인터커넥터로 사용하면 고온에서 휘발성이 강한 Cr 산화물을 형성해 내부 저항 손실을 증가시키고, 출력성능이 저하되는 등 열화 현상이 발생하기 때문에 금속 인터커넥터 표면에 코발트(Co) 등을 코팅하여 내구성 향상을 추진
 - Magnex(日)는 Co-Ni의 코팅으로 접촉저항(Contact Resistance, ASR)을 감소하였고, MnCoFe 분말을 코팅하여 Cr 산화물의 형성을 억제할 수 있는 기술 개발
 - 스테인레스 강판을 사용하는 Sandvik(스웨덴)은 CeCo를 코팅해 Cr 휘발을 억제

- SOFC 저온 작동을 위한 전해질과 Cathode 재료 개발이 진행되고 있으며, 내열합금에서 스테인레스 등으로 금속 인터커넥터의 재료가 전환되면 가격저가화 및 시스템의 경량화가 달성이 가능할 것으로 전망
 - SOFC의 작동온도는 750~1,000°C로 고온에서 내열성·내식성이 높은 재료를 사용할 필요
 - SOFC의 저온작동을 위하여 700°C 이하에서 작동할 수 있는 전해질 및 Cathode 재료 개발
 - Elcogen은 Cathode 재료는 LSC를 사용하고, 스테인레스 기판의 금속인터커넥터, 3 μm 이하의 박막 전해질의 SOFC를 개발하였으며, 650°C에서 작동이 가능

3) 주요 기업 동향

- 일본과 유럽 지역에서 SOFC용 금속 인터커넥터 개발이 활발히 진행 중
 - Plansee(오스트리아)와 Polite(日)은 Bloom Energy에 금속 인터커넥터를 공급하고 있으며, 시장 선도 중
 - Plansee는 Bloom Energy 뿐만 아니라 CeresPower에도 금속 인터커넥터를 공급하고 있으며, Franuhofer IKTS와 Convion에 공급하기 위한 셀과 스택을 개발
 - Hitachi Metal(日)은 Fe-24Cr을 주성분으로 하는 페라이트계 합금 "ZMG232G10"을 개발

〈표 3-12〉 SOFC Metallic IC 관련 주요 기업 현황

기업명	시스템	셀	소재	가공	연구 기관	소매 업체	기타
Hitachi Metal			•	•			ZMG 232L, ZMG232G10 개발
Porite				•			Bloom Energy 공급용 소결 금속 타입 인터커넥터 개발
Magnex				•		•	독자적인 코팅 기술 보유
Allegheny Technologies Incorporated(ATI)			•	•			스테인레스 재료로 하는 E-BRITE 개발
Sandivil			•	•			Sanergy HT 개발
Plansee			•	•			소결 재료 및 금속 인터커넥터 공급
VDM Metals			•	•			인터커넥터용 Crofer22 개발

〈표 3-13〉 SOFC Metallic IC 시장 전망

(단위 : kg)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	1,470	1,570	1,690	3,540	7,710	33,150	92,020
	North America	260,290	373,560	491,570	521,980	611,110	1,078,260	1,548,940
	Europe	0	800	790	3,790	7,500	57,070	245,740
	Asia	0	0	47,190	164,840	233,660	399,190	402,130
	Sub total	261,760	375,930	541,240	694,150	859,980	1,567,670	2,288,830
Stationary (Residential)	Japan	28,490	34,760	40,900	50,770	77,780	194,020	435,640
	North America	0	0	0	0	220	16,300	34,570
	Europe	470	1,610	2,470	2,640	3,330	81,520	207,450
	Asia	0	0	0	0	0	16,300	69,150
	Sub total	28,960	36,370	43,370	53,410	81,330	308,140	746,810
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	250	7,340	11,490
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	250	7,340	11,490
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	60	1,020	1,580	3,200	32,610	76,600
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	60	1,020	1,580	3,200	32,610	76,600
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		290,720	412,360	585,630	749,140	944,760	1,915,760	3,123,730
Sub Total	Japan	29,960	36,330	42,590	54,310	85,490	227,170	527,660
	North America	260,290	373,620	492,590	523,560	614,780	1,134,510	1,671,600
	Europe	470	2,410	3,260	6,430	10,830	138,590	453,190
	Asia	0	0	47,190	164,840	233,660	415,490	471,280

〈표 3-14〉 SOFC Metallic IC 시장 전망

(단위 : M₩)

구분		Actual		Estimate	Forecast			
		2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
Stationary (Large)	Japan	21	22	22	44	93	348	782
	North America	3,696	5,230	6,489	6,525	7,333	11,322	13,166
	Europe	0	11	10	47	90	599	2,089
	Asia	0	0	623	2,061	2,804	4,191	3,418
	Sub total	3,717	5,263	7,144	8,677	10,320	16,460	19,455
Stationary (Residential)	Japan	370	435	491	584	840	1,940	3,485
	North America	0	0	0	0	2	163	277
	Europe	6	20	30	30	36	815	1,660
	Asia	0	0	0	0	0	163	553
	Sub total	376	455	521	614	878	3,081	5,975
FCV	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Transportation	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	3	81	103
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	3	81	103
Portable/ Backup	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	1	15	24	42	326	689
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	1	15	24	42	326	689
Mobile Device	Japan	0	0	0	0	0	0	0
	North America	0	0	0	0	0	0	0
	Europe	0	0	0	0	0	0	0
	Asia	0	0	0	0	0	0	0
	Sub total	0	0	0	0	0	0	0
Total		4,093	5,719	7,680	9,315	11,243	19,948	26,222
Sub Total	Japan	391	457	513	628	933	2,288	4,267
	North America	3,696	5,231	6,504	6,549	7,380	11,892	14,235
	Europe	6	31	40	77	126	1,414	3,749
	Asia	0	0	623	2,061	2,804	4,354	3,971

참 고 문 헌

- [1] Fuki Keizai Group, 2018年版 燃料電池関連技術・市場の将来展望, 2018.

【 KIER 기술정책 FOCUS 발간 현황 】

발행일	제 목	Vol. , No.
2020. 6.	화이트바이오 국내·외 현황 및 이슈 분석	Vol. 14, No. 5
2020. 5.	2018년 후지경제 연료전지 시장 동향 및 전망 - Part 1. 활용분야를 중심으로 -	Vol. 14, No. 4
2020. 4.	주요국 에너지·기후변화대응 혁신 R&D 프로그램 분석 (미국, 일본, EU를 중심으로)	Vol. 14, No. 3
2020. 3.	국내 에너지·기후변화대응 관련 정책 현황	Vol. 14, No. 2
2020. 1.	기후리스크 대응을 위한 기후변화 적응분야 연구개발 현황과 향후과제	Vol. 14, No. 1
2019. 12.	2018년 탄소저감 분야 국가연구개발사업 R&D 투자 분석	Vol. 13, No. 2
2019. 7.	2019년 일본 환경성 기후에너지 분야 R&D 사업 분석	Vol. 13, No. 1
2018. 12.	탄소저감 분야 국가연구개발사업 R&D 투자 분석	Vol. 12, No. 7
2018. 11.	신재생에너지 보급 확대 프로그램 분석(2018년 일본 환경성 시책중심)	Vol. 12, No. 6
2018. 10.	지자체 에너지조례 및 지역에너지 계획수립의 실태분석을 통한 시사점	Vol. 12, No. 5
2018. 6.	주요국 에너지/기후 정책 현황 : 미국, EU, 일본, 중국	Vol. 12, No. 4
2018. 5.	주요국 에너지 R&D 프로그램 현황(미국, EU 중심으로)	Vol. 12, No. 3
2018. 4.	주요국의 재생에너지 시장 전망 분석(IEA Renewables 2017 중심으로)	Vol. 12, No. 2
2018. 2.	일본의 기후변화 대응 장기 저탄소 비전	Vol. 12, No. 1
2017. 9.	JPEA PV OUTLOOK 태양광발전 2050년 여명(탈 탄소·지속 가능한 사회실현을 향해서)	Vol. 11, No. 6
2017. 8.	에너지·기후 분야 국내외 환경분석	Vol. 11, No. 5
2017. 5.	주요국의 에너지기술 R&D단계별 수준 비교분석 : 미국, 일본, 유럽, 중국, 한국	Vol. 11, No. 4
2017. 4.	주요국의 CCS Ready 대응현황 분석 : 미국, 일본, 영국, 독일	Vol. 11, No. 3
2017. 3.	2017년 일본의 에너지관련 예산별 추진정책 분석	Vol. 11, No. 2
2017. 2.	주요국 에너지 R&D 프로그램 분석 : 미국, 일본, EU를 중심으로	Vol. 11, No. 1
2016. 12.	국내 기후관련 기술정책 및 주요국 정책방향 비교 분석	Vol. 10, No. 8
2016. 10.	기후변화 대응 기술정책동향 (Ⅱ) : 일본의 기후 및 에너지 법률·정책·투자 동향	Vol. 10, No. 7

발행일	제 목	Vol. , No.
2016. 8.	주요국의 장기 에너지 전망과 온실가스 감축 방안 : 세계, 미국, 유럽, 일본, 중국을 중심으로	Vol. 10, No. 6
2016. 7.	IEA의 에너지 기술 전망[ETP] 2016의 주요 내용 및 시사점	Vol. 10, No. 5
2016. 7.	기후변화 대응 기술정책동향(I) : 미국, 중국을 중심으로	Vol. 10, No. 4
2016. 6.	전기차 보급의 이산화탄소 배출영향 분석 : 발전믹스, 충전인프라, 차량유형 별 시나리오 분석	Vol. 10, No. 3
2016. 4.	일본의 에너지절약 정책 동향(2016년 이후의 전개)	Vol. 10, No. 2
2016. 1.	선진 에너지 연구기관 동향조사 분석	Vol. 10, No. 1
2015. 9.	기후변화 · 에너지관련 정부계획 분석	Vol. 9, No. 5
2015. 7.	세계 에너지정책동향(Ⅱ)	Vol. 9, No. 4
2015. 6.	미국 에너지 혁신 프로그램(ARPA-E) 동향	Vol. 9, No. 3
2015. 5.	세계 에너지정책동향(Ⅰ) : 미국, EU, 독일을 중심으로	Vol. 9, No. 2
2015. 3.	일본의 에너지관련 기술개발 로드맵 분석	Vol. 9, No. 1
2014. 10.	북한 에너지자원 분석 및 기술협력 방향	Vol. 8, No. 2
2014. 4.	미국 에너지 혁신 프로그램(ARPA-E) 분석	Vol. 8, No. 1
2013. 11.	주요 선진국 에너지 연구기관 및 R&D 프로그램 분석 : 미국, 일본, 유럽 중심	Vol. 7, No. 1
2012. 12.	주요국의 에너지 R&D 동향	Vol. 6, No. 2
2012. 2.	국내 에너지기술혁신의 현주소	Vol. 6, No. 1
2011. 10.	에너지절약기술전략 2011(일본)	Vol. 5, No. 2
2011. 3.	주요국의 Energy Security Index 비교분석 : 미국, 일본, 영국, 프랑스, 독일, 중국, 한국	Vol. 5, No. 1
2010. 12.	그린에너지기술개발 [3] : 그린에너지 시장 및 산업동향	Vol. 4, No. 3
2010. 9.	그린에너지기술개발 [2] : 주요국별 그린에너지 기술개발 동향	Vol. 4, No. 2
2010. 6.	그린에너지기술개발 [1] : 주요 국가별 정책 추진동향	Vol. 4, No. 1
2009. 11.	에너지기술개발 투자의 경제적 효과분석 : 한국에너지기술연구원 기술개발사업을 중심으로	Vol. 3, No. 2
2009. 10.	국내외 기후변화 대응 정책수단 분석(2008~2009)	Vol. 3, No. 1
2008. 12.	국내외 에너지기술정책수단 분석(Ⅳ) : 주요국가별 기후변화대응 에너지기술 정책종합	Vol. 2, No. 4
2008. 11.	국내외 에너지기술정책수단 분석(Ⅲ) : 영국, 프랑스, 네덜란드, 독일	Vol. 2, No. 3
2008. 10.	국내외 에너지기술정책수단 분석(Ⅱ) : 한국, 중국, 일본	Vol. 2, No. 2

발행일	제 목	Vol. , No.
2008. 7.	국내외 에너지기술정책수단 분석(I) : 미국 & 캐나다	Vol. 2, No. 1
2007. 12.	신재생에너지의 현 위치와 그 이후는?	Vol. 1, No. 2
2007. 9.	국내 에너지수요관리 정책과 시사점	Vol. 1, No. 1

한국에너지기술연구원 전자도서관 홈페이지(<http://library.kier.re.kr>)에서 원문을 다운로드하실 수 있습니다.

KIER

기술정책 Focus

KIER Energy Technology Policy Focus

KIER 기술정책 Focus 는 국내외 에너지 기술 및 주요 정책 이슈들에 대한 소개를 통해 에너지기술정책의 확대 및 강화를 위해 발간되었습니다.

 **한국에너지기술연구원**
KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH

연구전략본부 34129 대전광역시 유성구 가정로 152
(T) 042-860-3595 (F) 042-860-3097 www.kier.re.kr