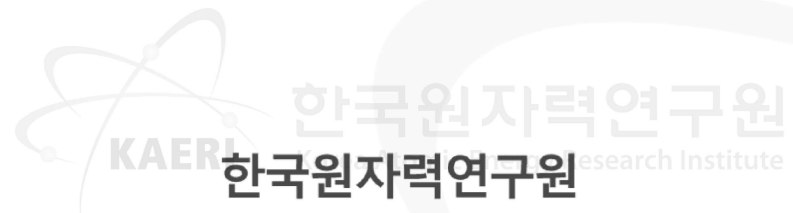


SMR 시장



이 동 형



2021. 5.12

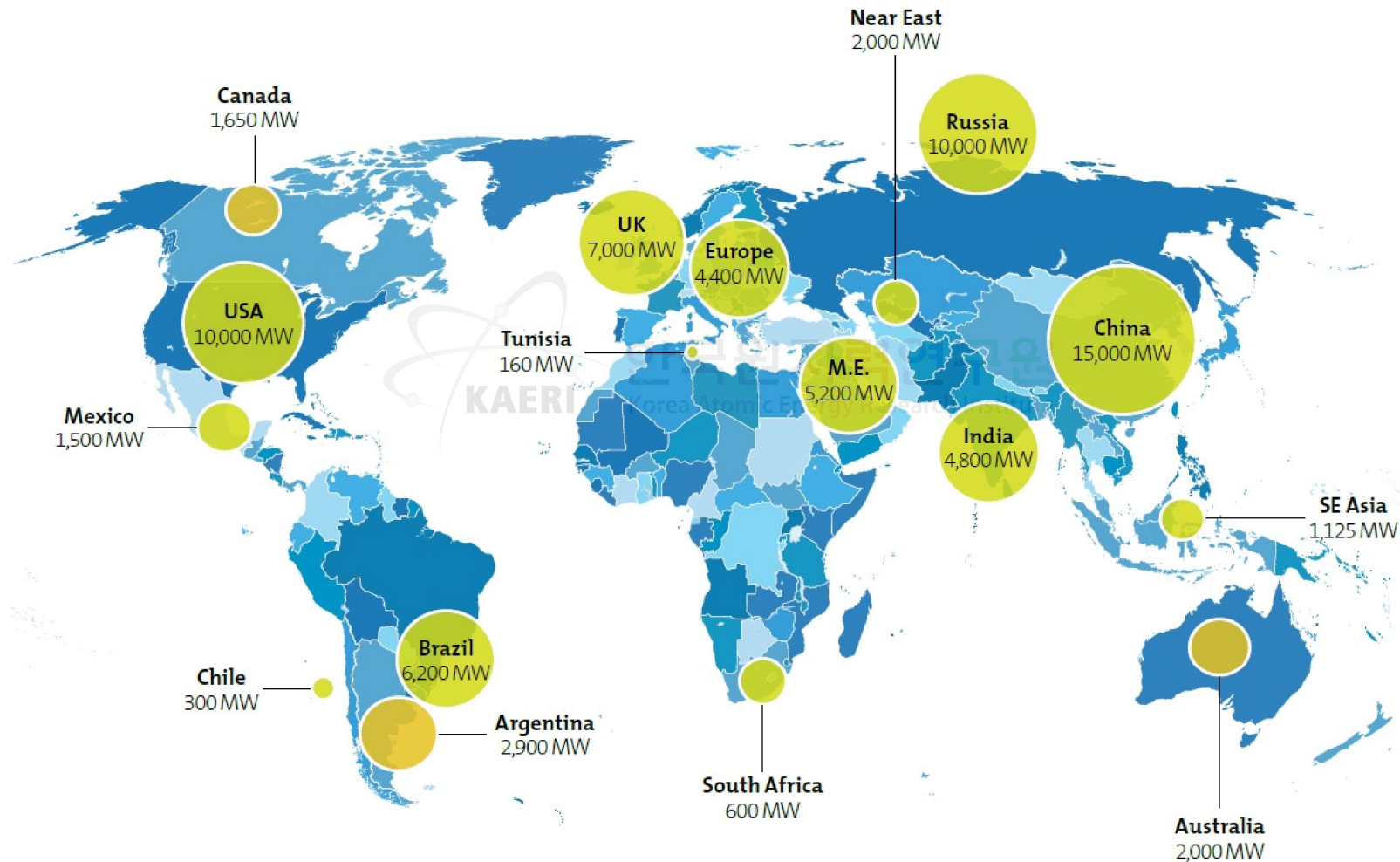
- 캐나다가 전망하는 SMR 시장

		국제 시장	캐나다 시장		
화력 발전 대체 (on-grid)		<ul style="list-style-type: none">■ 2°C 시나리오- '40년 기준: 석탄(1,150 Gwe)과 천연가스(2,297 Gwe)■ 석탄의 15%, 천연가스의 5%를 SMR로 대체할 경우 → CA\$100B/yr. 이상	<ul style="list-style-type: none">■ 17개 지역에 29기의 화력발전소 운영 중■ 평균용량: ~343 MWe■ '30년부터 10년간 SMR로 10% 대체할 경우 → CA\$469M/yr.		
오지 열/전력 공급 (off-grid)		<ul style="list-style-type: none">■ 7만개 이상의 지역이 디젤로 전력 생산■ 평균용량: 3.5 MWe 이상, 33 MWe 정도■ SMR로 24% 대체할 경우 → CA\$30B/yr.	<ul style="list-style-type: none">■ 1 MWe 이상의 에너지가 필요한 오지: 79■ 평균용량: 10 MWe 이하		
중공업/ 오일샌드 증기/전력 공급		<ul style="list-style-type: none">■ '40년 기준 화석연료로 348 GW 생산 전망■ '30년부터 10년간 SMR로 5% 대체할 경우 → CA\$12B/yr.	<table><tr><td><ul style="list-style-type: none">■ 중공업 단지: 85■ 평균용량: 25-50 MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$46M/yr.</td><td><ul style="list-style-type: none">■ 오일샌드 시설: 96■ 평균용량: ~210MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$350-450M/yr.</td></tr></table>	<ul style="list-style-type: none">■ 중공업 단지: 85■ 평균용량: 25-50 MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$46M/yr.	<ul style="list-style-type: none">■ 오일샌드 시설: 96■ 평균용량: ~210MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$350-450M/yr.
<ul style="list-style-type: none">■ 중공업 단지: 85■ 평균용량: 25-50 MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$46M/yr.	<ul style="list-style-type: none">■ 오일샌드 시설: 96■ 평균용량: ~210MWe■ 국제 시장 조건 → CA\$350-450M/yr.				
광산 지역 열/전력 공급 (off-grid)		<ul style="list-style-type: none">■ 매년 15개의 새로운 광산 발생■ 현재 디젤로 광산 지역 열/전력 공급 중■ '30년부터 디젤의 61%를 SMR로 대체할 경우 → CA\$3.5B/yr.	<ul style="list-style-type: none">■ 현재/잠재 off-grid 광산: 24■ 평균용량: 20 MWe		

[참고] "Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report," (2018.11)

- 영국이 전망하는 SMR 시장

▶ 영국 원자력연구소는 '35년까지 전 세계 65~85 GW 규모의 SMR 시장 예측



[참고] "Small Modular Reactors (SMR) Feasibility Study," National Nuclear Laboratory (UK) (2016)
"Small Modular Reactors – once in a lifetime opportunity for the UK," Rolls-Royce (2017)

- SMR 시장 : Macro (1/3)



On-grid 전력 시장

- SMR 시장으로는 가장 큰 잠재력
- 신규 SMR 건설: 30 GWe/yr by 2040
- 잠재 시장: \$100B/yr in 2040



군소 도서 국가/오지

- 전 세계 58개의 군소도서개발국 존재
- 대부분 디젤 발전에 의존
- 잠재 시장: 27 GWe, \$30B/yr in 2040



광산/중공업

- SMR은 광산 지역 특히 오지에 중요한 에너지원으로 자리매김할 잠재력 보유
- 잠재 시장: \$12B/yr



상선

- 2018년 기준 9만 대 이상의 상선 존재
- SMR은 상선에 연료로 사용될 수 있는 수소를 공급 가능

[참고] "Breakthroughs," Clean Energy Ministerial, NICE Future



- SMR 시장 : Macro (2/3)

신규 건설 혹은 개선 추진 중

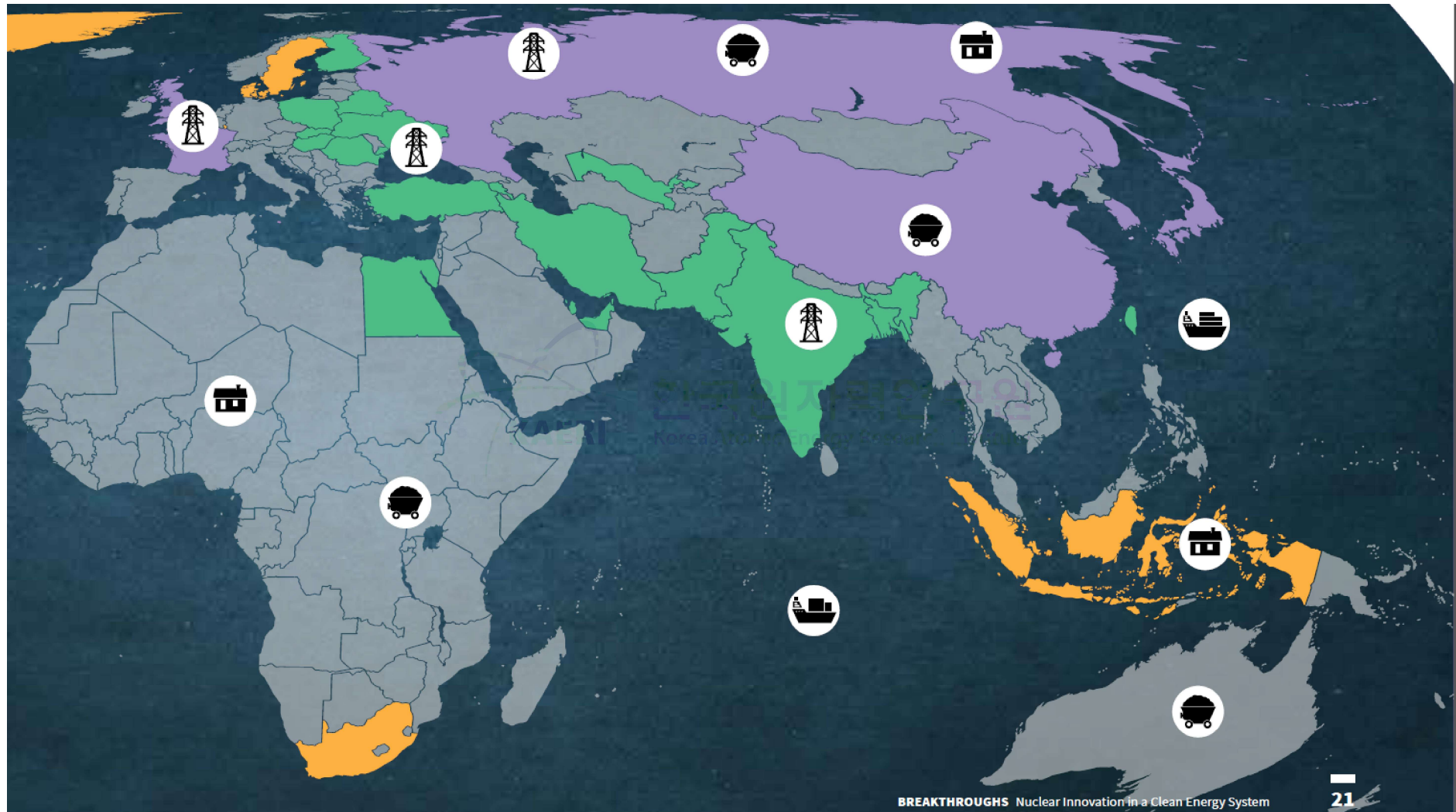
대형 원전 및 SMR 개발

SMR 건설 관심국



[참고] "Breakthroughs," Clean Energy Ministerial, NICE Future

- SMR 시장 : Macro (3/3)



신규 건설 혹은 개선 추진 중

대형 원전 및 SMR 개발

SMR 건설 관심국

[참고] "Breakthroughs," Clean Energy Ministerial, NICE Future

- SMR 시장별 고려 요건 : 화력발전 대체 (on-grid)

구분	내용	세부요소
A2. 출력	출력 요건	A2.1 요구출력: 50~300 MWe
B2. 핵주기	후행핵연료주기	B2.1 후행핵연료주기 필요성
		B2.2 사용후핵연료 관리
C2. 건설	사업~운영	C2.1 10년 내 운영가능
	FOAK: 자본비 (평균, \$7,000/kWe)	C2.2 <\$5,000/kWe
D2. 운영	이용률	D2.1 >85 %
	부하추종	D2.2 >50 %
	고장정지에 따른 발전손실률	D2.3 <2 %
E2. 경제성	LCOE	E2.1 대형 경수로/천연가스 대비 LCOE

구분	내용	세부요소
F2. 안전성/ 안전조치성	고유/피동 안전성 (CDF)	F2.1 <10 ⁻⁶
	운전원 없이 발전소 냉각	F2.2 >7일
	비상계획구역	F2.3 대형 경수로 대비 감소
	IAEA 안전조치/ 핵비확산	F2.4 만족 여부
G2. 핵연료	저농축우라늄 사용	G2.1 U-235 농축도: <20%
	사전 자격을 갖춘 핵연료	G2.2 10년 내 운영 가능
H2. 사회 경제적	다목적	H2.1 담수/수소 생산, 재생-하이브리드
	기후변화	H2.2 탄소배출 완화
	비발전 혜택	H2.3 동위원소생산/기초과학 실험지원

[참고] "Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report," (2018.11)
 "Technology Readiness Assessment Guide," U.S. Department of Energy, DOE G 413.3-4A

- SMR 시장별 고려 요건 : 오지 열/전력 공급 (off-grid)

구분	내용	세부요소
A3. 출력	출력 요건	A3.1 요구출력: <10 MWe
B3. 온도	지역난방	B3.1 출구온도
C3. 건설	FOAK	C3.1 FOAK는 진입불가 (다른 곳에서 입증된 기술)
D3. 운영	부하추종	D3.1 최소 운전 및 빠른 기동
	이용률	D3.2 >90%
	운전편리성, 운전자율화, 최소운전원	D3.3 최소 운전원
		D3.4 운전 자율화
		D3.5 비상대처능력(안전성)
		D3.6 최소 보장 가동률
	다른 에너지원과 결합	D3.7 저장장치/재생에너지와 연계 D3.8 지역난방/마이크로그리드와 호환
E3. 경제성	높은 신뢰성	D3.9 계획되지 않은 원자로 정지시간 無
	발전단가	E3.1 기존 에너지원과 동일한 수준

구분	내용	세부요소
F3. 안전성/ 안전조치성	고유/피동 안전성 (CDF)	F3.1 CDF 최소화(GenIV 수준)
	운전원 없이 발전소 냉각	F3.2 완전한/압도적인 안전성
	비상계획구역	F3.3 다양한 부지에 적합, 유연하면서도 최소화
	독성 물질	F3.4 사용 최소화
	IAEA 안전조치/ 핵비확산	F3.5 만족 여부
	비상계획	F3.6 지역사회 전체
G3. 특별 조건	냉각수	G3.1 최소 사용
	수송	G3.2 차량/기차로 기기 수송 가능
		G3.3 새로운 인프라 필요 여부
	폐기물	G3.4 부지내 저장 無

[참고] "Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report," (2018.11)
 "Technology Readiness Assessment Guide," U.S. Department of Energy, DOE G 413.3-4A

- SMR 시장별 고려 요건 : 중공업 증기/전력 공급

구분	내용	세부요소
A4. 출력	출력 요건	A4.1 요구출력: 10~300 Mwe
B4. 온도	공정열 이용	B4.1 출구온도: 300~750 °C
		B4.2 열생성 사이클: Rankine, Brayton
		B4.3 양질의 증기 생산
C4. 건설	산업체 일정과의 호완성	C4.1 중공업 산업체 일정에 맞추어 건설
	사업 기간	C4.2 <5년
D4. 운영	부하추종	D4.1 산업체의 다양한 부하를 만족 D4.2 전력/증기 수요 대응성
	이용률	D4.3 >90%
	운영 기간	D4.4 >50년
	운전편리성, 운전자율화, 최소운전원	D4.5 최소 운전원
		D4.6 운전 자율화
		D4.7 비상대처능력(안전성)
		D4.8 최소 보장 가동률
	산업체 시설 운영과 연동	D4.9 유지보수기간
		D4.10 핵연료 재장전 기간
	높은 신뢰성	D4.11 계획되지 않은 원자로 정지시간 無

구분	내용	세부요소
E4. 경제성	발전단가	E4.1 기존 에너지원과 동일한 수준 E4.2 핵연료와 운영 비용 확실성
F4. 안전성/안전조치성	고유/피동 안전성 (CDF)	F4.1 Gen IV 수준
	운전원 없이 발전소 냉각	F4.2 완전한/압도적인 안전성
	비상계획구역	F4.3 < 산업체 운영 부지
	IAEA 안전조치/핵비확산	F4.4 만족 여부
	비상계획	F4.5 부지 담당자 책임
G4. 특별 조건	냉각수	G4.1 물 이외 냉각재 G4.2 최소 물이용
	수송	G4.3 차량/기차로 기기 수송 가능 G4.4 새로운 인프라 필요 여부
		G4.5 부지내 저장 최소화
	폐기물	

- SMR 시장별 고려 요건 : 광산 열/전력 공급 (off-grid)

구분	내용	세부요소
A5. 출력	출력 요건	A5.1 요구출력: 20 MWe
B5. 온도	지역난방	B5.1 출구온도
C5. 건설	광산 업체 일정과의 호완성	C5.1 광산 산업체 일정에 맞추어 건설
D5. 운영	부하추종	D5.1 산업체의 다양한 부하를 만족
	운전편리성, 운전자율화, 최소운전원	D5.2 최소 운전원
		D5.3 운전 자율화
		D5.4 비상대처능력(안전성)
		D5.5 최소 보장 가동률
	산업체 시설 운영과 연동	D5.6 유지보수기간
		D5.7 핵연료 재장전기간
	높은 신뢰성	D5.8 계획되지 않은 원자로 정지시간 無

구분	내용	세부요소
E5. 경제성	발전단가	E5.1 기존 에너지원과 동일한 수준
F5. 안전성/ 안전조치성	고유/피동 안전성 (CDF)	F5.1 Gen IV 수준
	운전원 없이 발전소 냉각	F5.2 완전한/압도적인 안전성
	비상계획구역	F5.3 < 산업체 운영 부지
	IAEA 안전조치/ 핵비확산	F5.4 만족 여부
	비상계획	F5.5 부지 담당자 책임
G5. 특별 조건	냉각수	G5.1 물 이외 냉각재
	수송	G5.2 최소 물이용
		G5.3 차량/기차로 기기 수송 가능
		G5.4 새로운 인프라 필요 여부

[참고] "Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report," (2018.11)
 "Technology Readiness Assessment Guide," U.S. Department of Energy, DOE G 413.3-4A

- SMR 시장 요약

기존 전력 시장

- ✓ 노후 화력발전 대체 시 타 발전원(예: 천연가스)과의 경쟁을 고려
- ✓ 대형원전과의 비교 시 규모의 경제를 능가하는 SMR만의 경쟁력 필요
- ✓ 다양한 시장을 만족시키기 위해 용량 확장성을 고려

틈새 시장

- ✓ 경쟁 발전원 : 디젤, 천연가스
- ✓ 시장 특성 : 독립 분산전원, 소규모 고립지역 에너지 공급
- ✓ 특수 목적 : 지역 난방, 산업 공정열, 해수 담수 등
- ✓ 시장 요건을 고려하여 경수형과 비경수형 선택



- 혁신형 SMR 개발 필요성

기술 우위로
시장 선점

- SMR 개발 경쟁에서 기술 주도권 확보
- 상품성이 뛰어난 혁신형 SMR로 시장 선점

해외 시장
다변화

- 다양한 용량의 원전 수출 포트폴리오 구축
- 다목적 활용(담수화, 수소생산, 공정열 등) 수출시장 개척

新성장동력
창출

- 원자력 기술력 지속 및 일자리 창출
- 탄소중립목표 달성에 기여 가능

감사합니다