

글로벌 재생에너지 확산 동인과 한국의 계획

들어가며

제3차 에너지기본계획상
'40년 목표 재생에너지
비중은 30~35%

지난 6월 제3차 에너지기본계획이 발표되었다. 에너지기본계획은 5년마다 향후 20년간의 계획을 수립하고 발표하는데, 에너지 전 분야를 총망라하고 거시적 방향성을 제시하는, 이 분야에서 매우 중추적 역할을 하는 계획이다. 특히 현 정부의 에너지 정책(한마디로 에너지 전환이라고 표현될 수 있는)을 통해 원자력과 석탄의 감축과 재생에너지의 획기적 확대라는 기본 틀이 더욱 분명히 제시되고, 에너지 분야의 대부분의 어젠다가 종합적으로 다루어졌다. 특히 재생에너지의 급속한 확대는 국가 에너지 기반의 근본적인 틀을 바꾸는 중요한 변화이며, 우리와 다음 세대들의 삶에 많은 영향을 미치게 될 것이다. 본 기고에는 글로벌 사례들을 통해 이러한 재생에너지의 확대가 이루어지는 동인을 분석하고, 에너지 기본계획에서 담고 있는 재생에너지 확대계획과 관련한 시사점을 찾고자 한다.

참고로 제3차 에너지 기본계획 전반¹⁾을 요약하면 다음과 같다.

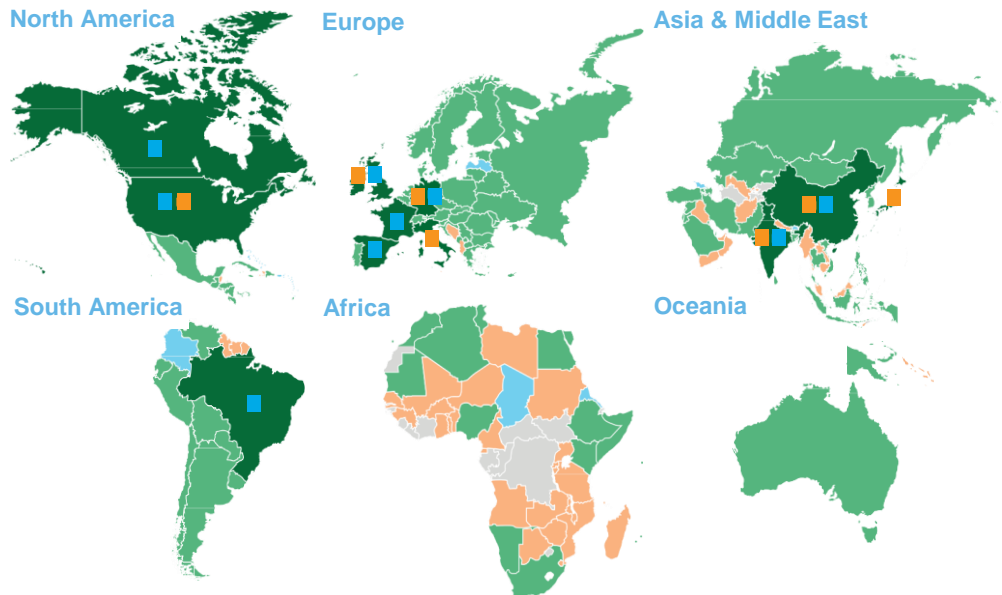
- 에너지 정책 패러다임을 소비 구조 혁신 중심으로 전환
 - 소비효율 38% 개선('17년 대비), 수요 18.6% 감축('40, BAU 대비)
 - 부문별 수요관리 강화, 수요관리 시장 활성화
- 깨끗하고 안전한 에너지믹스로 전환
 - 원전은 점진적으로 감축하고 석탄은 과감하게 감축
 - 재생에너지 발전 비중 30~35%('40)으로 확대
 - 미세먼지를 저감하고 2030 온실가스 감축 로드맵 이행
- 분산형·참여형 에너지 시스템 확대
 - 분산형 전원 확대, 계통체계 정비
 - 전력 프로슈머 확대, 지자체 역할·책임 강화
- 에너지산업의 글로벌 경쟁력 강화
 - 재생에너지, 수소, 효율연계 산업 등 미래 에너지산업 육성
 - 전통 에너지산업 고부가가치화, 원전산업 핵심 생태계 유지
- 에너지전환을 위한 기반 확충
 - 전력, 가스, 열 시장제도의 개선
 - 에너지 빅데이터 플랫폼 구축

1) 제3차 에너지 기본 계획(2019.6, 산업통상자원부) 및 공청회 자료

하나하나 중요한 내용이고 많은 연구가 이루어져야 할 주제이지만, 재생에너지의 발전 비중을 2017년 7.6%에서 2040년 30~35%로 확대하고, 분산형 전원을 현재의 12%에서 2040년 30% 내외로 확대하는 점을 주목할 필요가 있다. 이는 워킹 그룹 권고안('18.11)('40년 재생에너지 발전 비중 목표를 25~40%로 제시)을 조절하여 전문가 TF 권고안('40년 재생에너지 발전 비중 목표를 30% 이상 수준으로 설정할 필요가 있으며, 35%를 한계치로 제시)을 받아들인 것으로 보인다. 참고로 '40년 추정 세계 재생에너지 발전 비중 평균은 40%이다. 한국의 토지나 재생자원 부족, 계통 고립성, 전력 계통에 미치는 간헐성, 기술 부족 등의 이슈로 이러한 목표의 현실성에 대해 의구심이 드는 것도 사실이다. 그러나 전 세계적으로 재생에너지의 확대 속도는 과거 예상이나 장애요인들을 뛰어넘고 있고, 우리는 이 추이에 주목할 필요가 있다. 이러한 급속한 확대의 동인들은 무엇일까? 그리드 패리티(grid parity) 도달, 계통 연계의 안정성, 기술의 발전, 수요증대에서 그 원인을 찾을 수 있다.¹⁾

그림1. 글로벌 풍력 및 태양광 보급현황

- 상위권 태양열 시장 ■ 상위권 풍력 시장 ■ 상위권 태양열 및 풍력 용량을 갖춘 시장
- 태양열 용량만 갖춘 ■ 풍력 용량만 갖춘 ■ 태양열 및 수용력을 갖춘 시장
- 1MW 이하의 태양열 및 풍력 용량



LCOE (Levelized Cost of Electricity; 균등화 발전비용) 비교 (\$/MWh)



Note: 상위 시장 = >10 GW
 Source: Map based on IRENA, Renewable Capacity Statistics 2018; LCOE comparison based on Lazard, Levelized cost of energy analysis—version 11.0, November 2017.

1) Deloitte Insights: Global renewable energy trends-Solar and wind move from mainstream to preferred (본고에 나온 자료 출처는 [Link](#)에서 볼 수 있다.)

대규모 태양광 및
육상풍력의 LCOE는
이미 그리드 패리티에
도달

글로벌 재생에너지 확대 동인 ① 그리드 패리티(grid parity) 도달¹⁾

태양광과 풍력의 장착 속도와 가파르게 감소되는 비용곡선은 예상을 뛰어넘고 있다. 이제 대규모(utility scale) 육상풍력과 태양광은 그리드 패리티가격(grid price parity)에 다다랐다고 말할 수 있고, 그리드 성능 패리티(grid performance parity)에 근접하고 있다. 보조금을 고려하지 않은 LCOE (Levelized cost of energy; 균등화발전비용. 에너지 단위 생산에 필요한 총비용) 측면에서 대부분의 전통화력보다 낮거나 근사한 수준이다.

대규모 육상풍력발전은 가격 측면에서 LCOE 30~60 USD/MWh 수준으로 이제 전 세계에서 가장 싼 에너지원이며, 이는 천연가스발전(42~78 USD/MWh) 범위보다 낮다고 할 수 있다. 2011년 216 GW였던 육상풍력은 2017년 말 495 GW로 거의 두 배의 수준이 되었고, 중국, 미국, 독일, 인도, 스페인, 프랑스, 브라질, UK 그리고 캐나다 9개국에서 그리드 패리티에 도달했다.

대규모 고성능 태양광 역시 LCOE 범위가 43~53 USD/MWh로서 두 번째로 낮은 전원이 되었다. 태양광은 2011년 69 GW에서 2017년 386 GW로 크게 증가하였고, 전 세계 187개국에서 이용되고 있다. 특히 중국, 일본, 독일, 미국, 이태리, 인도, UK에서 주도하였으며, 장비나 토지비가 높은 일본을 제외하고는 이들 국가에서 모두 그리드 패리티에 도달했다. 전 세계적으로는 호주가 가장 싸며 아프리카가 가장 비싸다.

대규모 육상풍력과 태양광은 지난 8년간 원가감소와 효율 개선을 통해 LCOE 측면에서 각각 67% 및 86% 낮아졌다. 또한 스토리지와 결합된 풍력과 태양광 역시 배터리 가격의 지속적인 감소와 효율개선으로 가격뿐 아니라 그리드 성능에서의 패리티 경쟁력을 빠르게 확보해 가고 있다. 가정용 루프탑 태양광 역시 socket parity(자가 생산의 가격이 전력회사의 공급단가보다 낮아지는 현상)를 이루어 가고 있다.

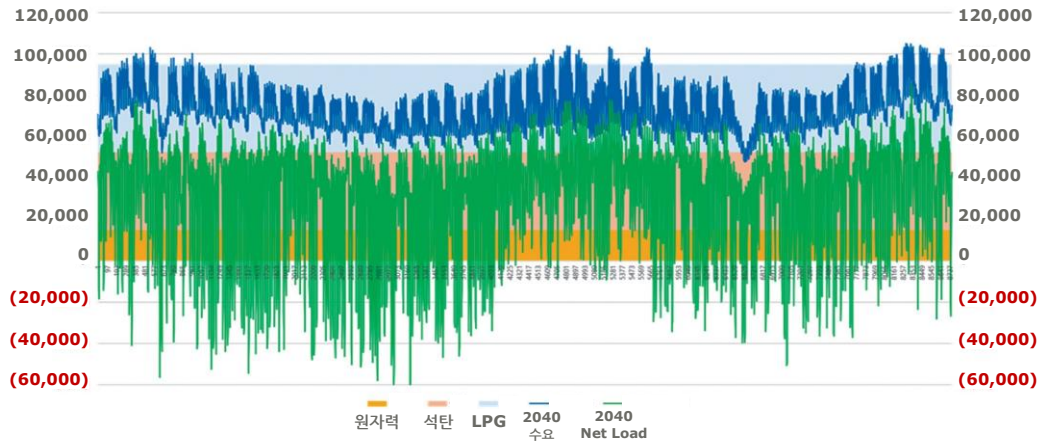
이러한 빠른 기술 진보와 원가 경쟁력으로 인한 경제성 확보가 전 세계 재생에너지 보급 확대의 가장 큰 원동력이라고 할 수 있을 것이고, 주지할 점은 이러한 단가 하락은 앞으로 더 가속화될 것이라는 점이다.

글로벌 재생에너지 확대 동인 ② 계통연계의 안정성¹⁾

일반적으로 재생에너지 확대의 가장 큰 장애 요인으로 그 본연의 간헐성으로 인한 주파수 교란, 전력계통망인 그리드에 미치는 악영향으로 인해 기존 전원망을 간섭하고 안정성을 해친다는 측면이 항상 부각된다. 에너지기본계획 분석에 따르면 40년 재생에너지 비중이 25%일 경우 재생에너지 차단량(Curtailment)은 1%이지만, 비중 30%에서 4.4%, 비중 35%에서 11%, 비중 40%에서 21.5%로 급속도로 증가하는 것으로 전망된다.

1) Deloitte Insights: Global renewable energy trends-Solar and wind move from mainstream to preferred (본고에 나온 자료 출처는 [Link](#)에서 볼 수 있다.)

그림2. 2040년 재생에너지 40% 시나리오의 재생에너지 출력 패턴¹⁾



출처: 에너지포커스

**글로벌 동향 상
 재생자원은 그리드상
 문제유발자가 아니라
 점차 그리드 안정성에
 기여하는 문제해결자로
 변화 중**

그러나 이런 간헐성 이슈는 물론 중요한 장애 요인이지만, 현재 글로벌에서 보여지는 현상을 살펴보면 조금은 과장되게 걱정하는 것일 수 있다. 즉 글로벌 재생에너지 밀집 국가들을 보면 상황이 반전되고 있으며, 풍력과 태양광은 그리드에 문제를 일으키는 유발자가 아니라 점차 그리드 안정성에 기여하는 문제해결자 역할을 수행하는 것으로 변화하고 있다.

에너지저장장치(ESS; energy storage system)로 간헐성 이슈가 상당 부분 해소될 수 있다. 비록 가격이 비싸서 경제성을 떨어뜨릴 수 있지만, 리튬 가격 하락 및 기술 발전으로 배터리 가격 경쟁력은 점차 강화되고 있고, 앞으로 보다 확산될 것으로 전망된다.

스마트 인버터(smart inverter)와 발전된 제어 장비들의 역할 또한 중요하다. 스마트 인버터는 직류(DC)를 교류(AC)로 변환할 때 광대한 정보를 빠르게 분석하여 보다 양질의 전력을 제공하며 급전 필요시 기동 시간을 줄여 계통망의 안정화에 기여한다.

태양광은 이론상 낮 시간대의 피크 수요에 대응할 수 있고, 풍력은 밤 시간대 전력 비용을 낮출 수 있다. 기술의 발달로 그 생산량도 예측 및 제어 가능하다.

미국의 태양광과 풍력이 밀집된 20개 주 중 4분의 3의 전력 가격이 미국 전체 평균 전력 가격보다 낮다. 이중 풍력이 많은 텍사스주를 포함한 10개 주는 미국 전역에서 가장 낮은 전력을 공급하고 있다. 지난 수십 년간 텍사스의 풍력 설비는 645% 늘어났지만, 이 주의 그리드 안정성은 크게 개선되었다. 또한 미국의 신재생 밀집 주들의 정전은 전체 미국에서 가장 낮은 수준이다. 비계획정지도 적고 자연재해 등 상황에서도 대응할 수 있기 때문이다.

신재생으로 전환한 독일의 전력 가격도 낮아지고 있고, 유럽에서 가장 높은 신재생 비율을 보유한 덴마크의 전력가격은 세전 기준으로 유럽에서 가장 싼 수준이다. 독일과 덴마크의 그리드 역시 과거보다 안정화 되었다.

1) 에너지포커스 2019년 여름호: 제3차 에너지기본계획과 재생에너지 확대(박종배 공급분과 분과장 / 건국대학교 전기전자공학부 교수)

자동화, AI, 블록체인,
신물질이나 신공정 등
새로운 기술들은
이러한 변화를 더욱
가속시킬 전망

물론 유럽이나 미국처럼 각 국가 간이나 주간 그리드망이 없이, 고립된 전력 계통망을 보유한 한국의 경우 상대적으로 전력망의 안정성이 낮아질 수밖에 없을 테지만, 기술발전의 속도와 더불어 재생에너지 간헐성 및 불안정성에 대한 우려는 낮아질 것으로 전망된다. 또한 현재 가시적 성과는 없지만 미래 한중일 동북아 슈퍼그리드가 연계된다면 계통 안정성 이슈의 많은 부분이 해소될 것이다.

글로벌 재생에너지 확대 동인 ③기술의 발전¹⁾

앞서도 얘기했지만 상기의 모든 변화 동인의 배후에는 기술발전이 있다. 특히 자동화(Automation), AI, 블록체인, 신물질이나 신공정 등 새로운 기술들은 이러한 변화를 더욱 가속시킬 전망이다.

자동화(Automation)는 태양광이나 풍력 장비 제조와 운영에 있어 시간과 비용을 큰 폭으로 줄일 수 있다. 미국의 퍼스트솔라(FirstSolar)라는 회사는 작년 제조공정을 자동화하여 수백 개의 공정을 단축하면서 태양광 패널 크기를 3배로 늘리면서 생산 비용은 경쟁자인 중국산보다 낮추었다. 최근 세계에서 가장 큰 해상풍력단지에서는 드론을 사용하여 정기조사 시간을 2시간에서 20분으로 단축, 운전 및 유지보수(O&M) 비용을 낮추었다. 곤충 같은 로봇들이 돌아다니면서 패널이나 풍력발전기를 조사하는 시대가 올 것이고, 이로 인해 집적된 정보를 AI가 처리할 것이다.

AI는 특히 날씨 예측에 중요하게 적용된다. 날씨 예측은 태양광 생산과 밀접하게 관련되어 있고 각국에서 AI를 탑재한 시스템이 도입되고 있다. AI는 패널이나 풍력터빈 데이터와 역사적 일기예보 정보를 결합하여 머신러닝을 통해 에러를 수정하고 신재생 기업들의 매출을 늘리고 비용을 줄여준다. 예를 들어 스페인의 Sipleoico란 전국 시스템은 AI기반으로 기상 예보의 오류 발생건수를 반으로 줄였다. 국내에도 개선된 예측시스템을 개발하여 소규모 태양광을 대량으로 관리하는 회사가 생겼다.

블록체인은 REC(Renewable Energy Certificates) 거래 같은 EAC (Energy Attribute Certificates) 시장에서 거래의 투명성과 신속성, 부정 방지를 위해 사용되어 신재생 인증시장의 활성화에 도움을 줄 수 있다.

발전된 신재료와 신공정의 영향 또한 커질 것으로 보인다. 페로브스카이트(Perovskite)라는 러시아 광물학자의 이름을 딴 신소재는 태양전지에서 단순 실리콘 셀에 비해 30% 우월한 효율을 보여주는 것으로 연구되고 있다. 생산비용도 저렴하여 머지않아 상용화가 될 것으로 기대된다. 풍력 쪽에서는 3D 프린터를 이용한 블레이드 몰드 제작 실험이 이루어지고 있는데, 역시 프로토타입 개발비, 제조원가, 물류비를 현저히 줄여줄 수 있을 것으로 기대된다.

1) Deloitte Insights: Global renewable energy trends-Solar and wind move from mainstream to preferred (본고에 나온 자료 출처는 [Link](#)에서 볼 수 있다.)

수요확대 동인:
스마트시티 확산,
신흥국의 확대,
RE100 기업문화 등

Global 재생에너지 확대 동인 ④수요 증대¹⁾

앞서 논의된 동인들이 공급 측면이었다면 수요 측면에서의 변화도 신재생 보급의 확대에 기여할 것으로 보인다. 이 관점에서 스마트시티는 아주 중요한 개념이다. "일반적으로 도시에 ICT·빅데이터 등 신기술을 접목하여 각종 도시문제를 해결하고, 삶의 질을 개선할 수 있는 도시 모델"로 정의되는데 최근에는 다양한 혁신 기술을 도시 인프라와 결합해 구현하고 융·복합할 수 있는 공간이라는 의미로도 사용된다. 도시로의 인구집중으로 인한 자원 및 인프라 부족, 교통 혼잡, 환경 오염, 에너지 부족 등 각종 도시문제가 점차 심화됨에 따라, 이에 대한 효율적 해결과 함께 4차 산업혁명에 선제적으로 대응을 위해 스마트시티가 빠르게 확산 중이다.²⁾

이러한 스마트시티 개발에서는 공해 문제 및 에너지 부족 해결을 위해 재생에너지 도입이 반드시 고려된다. 즉, 분산형 그리드를 가진 풍력 및 태양광과 같은 재생자원이 생산한 전기를 각 가정이나 빌딩에서 효율적으로 사용하고, 유연한 전력시장의 가격과 방식으로 재판매 되거나, 전기차를 충전하여 수송용으로 사용, 또는 전기차의 배터리를 이용하여 저장 등 통합에너지시스템을 사용하여 최적의 에너지 생산 및 배분을 이루어 낸다.

스마트시티로 변환하고 있는 글로벌 리더는 미국 샌디에이고시이며, 2035년까지 신재생 전원 비율 100%를 목표로 하고 있다. 아시아에서는 인도의 자이푸르가 대표적인데 루프탑 태양열을 기본 인프라로 지향하고 있다. 유럽에서는 독일 함부르크가 스마트시티로 변신하고 있고 역시 신재생을 지원하고 있다. 이외에도 캐나다의 퀘이사이드와 같이 처음부터 새롭게 만들어진 스마트시티가 확산 중에 있으며 대부분 신재생 장치를 기본골격으로 하고 있다.

한편 최근 신재생에너지의 수요 측면에서의 확산은 중국, 인도 등 신흥 시장들에서 주도적으로 이루어지고 있으며, 이들의 빠른 성장 속도와 함께 더욱 빠르게 보급될 것으로 보인다. 또한 최근 신재생을 사용하려는 기업들의 움직임도 신재생 수요에 영향을 미치고 있다. 포춘 100기업 중 삼분의 이는 신재생에너지 구매 목표를 정하고 있으며, RE100(Renewable Energy 100%)에 참여하는 기업집단이 140개가 넘어서고 있고, 100% 신재생에너지 사용을 선언하고 있다.

맺음말

이상 살펴본 바와 같이 글로벌 신재생에너지의 보급 속도를 감안하면 한국의 제3차 에너지기본계획에서 설정한 2040년 35% 재생에너지 보급도 정책적인 방향성이나 희망으로 그치는 것이 아니라 실제로 실현 가능한 목표처럼 여겨진다.

1) Deloitte Insights: Global renewable energy trends-Solar and wind move from mainstream to preferred (본고에 나온 자료 출처는 [Link](#)에서 볼 수 있다.)

2) 스마트시티 개념 문단 출처: 국토교통부 정책리뷰 - 스마트 시티

물론 한국은 고립된 계통망이나, 신재생 보급을 위한 토지나 자원 부족 등 원천적인 제약사항이 존재한다. 그러나 앞서 얘기한 바와 같이 전 세계적으로 진행중인 주요 기자재, 시스템 및 배터리 단가 하락, 태양광 패널 및 풍력발전기의 성능향상, 그리드 안전성 확보, 자동화 기술, AI나 IoT 기술, 신물질이나 신공정, 로봇이나 3D 프린팅 등 새로운 기술들의 확산, 스마트 시티의 보급 등 수요확대라는 다양한 변화의 축들을 고려한다면, 한국도 고유한 제약 조건들을 뛰어넘을 수 있다는 기대가 생긴다.

아울러 제3차 에너지 기본계획에서 계획하고 있는 아래 발췌된 다양한 전략과 과제들이 모두 적극적으로 조사되고 이행되어 고유한 제약 조건들을 뛰어넘기를 마음 깊이 바라면서 글을 마치도록 한다.

- 분산형 참여형 에너지 시스템 확대: 발전용 연료전지 수요지 인근 설치 유도, 친환경 연료 발전기에 대한 용량 요금 차등 보상 확대 검토, 프로슈머형 에너지 생산기반 확대를 위해 소규모 자가발전을 육성, 소규모 분산 전원을 모아 가상 발전소(VPP: Virtual Power Plant)로 참여하는 전력중개시장 활성화, 블록체인기술 활용, 통합 에너지 시장 구축, 직류 배전망 기술을 활용한 마이크로그리드 전력망 구축, 신규 변전소 건설을 통한 재생에너지 계통 수용성 제고, 분산 전원 제어관리강화, 스마트그리드 시범도시 활용, 도심지 태양광 확대, 발전량 예측 제어 재생에너지 통합관제시스템 구축, 전력 ICT(information and Communications Technologies) 인 프 라 확충으로 실시간 계통 분석, 배전망 연계 전력설비 범위를 신재생/ESS/인버터 등으로 확대, 발전기의 기동 정지 등의 발전계획 실시간 자동 재수립, 스마트 배전, 전력저장기술, 전력계통 안정화 및 효율개선 등 계통연계 R&D추진 등
- 에너지 산업의 글로벌 경쟁력 강화: 해외 및 국내 기술 투자확대를 토대로 재생에너지 산업을 미래 성장동력으로 육성, 친환경 REC제도 개편, 탄소 인증제 도입, REC 경쟁입찰확대, 태양광 모듈 고품질화, 융복합 신기술 제품 및 관련 서비스 시장 육성, 입지규제 완화, 수소산업육성(수소차, 수소 충전소, 연료전지 확산 등), 고효율기자재 및 에너지 솔루션 서비스 산업 육성 등



Contact

이종우 파트너
Energy, Resources &
Industrials Industry
Leader
jongwlee@deloitte.com



Deloitte refers to one or more of Deloitte Touche Tohmatsu Limited (“DTTL”), its global network of member firms, and their related entities. DTTL (also referred to as “Deloitte Global”) and each of its member firms are legally separate and independent entities. DTTL does not provide services to clients. Please see www.deloitte.com/kr/about to learn more.

Deloitte is a leading global provider of audit and assurance, consulting, financial advisory, risk advisory, tax and related services. Our network of member firms in more than 150 countries and territories serves four out of five Fortune Global 500® companies. Learn how Deloitte’s approximately 286,000 people make an impact that matters at www.deloitte.com.

This communication contains general information only, and none of Deloitte Touche Tohmatsu Limited, its member firms or their related entities (collectively, the “Deloitte network”) is, by means of this communication, rendering professional advice or services. Before making any decision or taking any action that may affect your finances or your business, you should consult a qualified professional adviser. No entity in the Deloitte network shall be responsible for any loss whatsoever sustained by any person who relies on this communication.