



기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술 개발

권철환¹ · 박종섭²

한국시설안전공단 부장¹, 상명대학교 건설시스템공학과 부교수²

Remodeling Techniques for Reducing Greenhouse Gases Emissions in Existing Buildings

Kwon, Chul-Hwan¹ · Park, Jong-Sup²

¹General Manager, Korea Infrastructure Safety Corporation, Gyeonggi-Do, Korea

²Associate Professor, Department of Civil Engineering, Sangmyung University, Chungnam, Korea

Abstract: There are only 10 projects of the domestic greenhouse gas(GHG) emissions trading scheme in building sector (i.e., 1.5% of 652 registered projects) because the certified methodologies to reduce GHG emissions can not be applied to building sector. This study presents remodeling techniques to reduce GHG emissions in existing buildings. First of all, preconditions and related regulations were reviewed. And then, a pool of factors for GHG reduction are selected and evaluated with respect to factors for reducing energy consumption. This study also investigates the criteria and the decision making process for remodeling techniques to reduce GHG emissions. Finally, the remodeling techniques using the decision making process were grouped based on redundancy of each effect. If reducing methodologies for GHG offset program can be developed using the analyzed remodeling techniques in this study, registered projects in building sector would be increase.

Key Words: greenhouse gases reduction, building energy, reducing methodology, remodeling technique, decision making process

1. 서론

1992년 기후변화 협약이 체결된 이후 정부는 국가 온실가스를 2020년 BAU(Business As Usual, 온실가스 배출량 전망치)대비 30% 감축하는 것을 목표로 하여, 분야별로 세부 감축목표를 설정하였다. 그 중 건물분야는 온실가스 목표 감축량을 2020년 BAU대비 26.9%로 수립하였다(KISTEC, 2014).

건물분야의 온실가스 목표 감축량을 효율적으로 달성하기 위하여, 정부는 온실가스 감축을 위한 다양한 정책·제도를 마련하여 추진하고 있다. 특히 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」에 따라 시행되고

있는 배출권거래제는 국제적 기준에 부합하는 방법론에 따른 외부감축사업을 통하여 배출권을 거래할 수 있도록 하고 있다(MOE, 2013).

현재 국내에서 수행되고 있는 4가지 배출권거래제도에 등록된 사업은 총 652건이나 건물부분의 사업은 10건으로 전체 사업의 1.5%에 그치고 있다(KISTEC, 2015). 건물부분 사업추진이 저조한 이유는 온실가스 감축량 인정을 위하여 승인된 방법이 한정적이며, 건물부분에 적용하기에는 미흡하기 때문이다. 또한 건물부분에 활용가능한 방법론이라 하더라도 적용성과 모니터링의 방법에는 한계가 있다.

그러므로, 본 연구에서는 기존 건축물의 에너지 성능

주요어: 온실가스 감축, 건축물 에너지, 감축방법, 리모델링 기술, 의사결정 프로세스

Corresponding author: Park, Jong-Sup

Department of Civil Engineering, Sangmyung University, 31 Sangmyungdae-gil, Dongnam-Gu Cheonan Chungnam 31066, Korea.
 Tel: +82-41-550-5314, Fax: +82-41-558-1201, E-mail: jonpark@smu.ac.kr

Received March 12, 2016 / Revised March 16, 2016 / Accepted March 18, 2016

개선을 위한 리모델링시 온실가스 감축을 위해 요구되는 리모델링 기술을 분석하여 적용성이 뛰어난 기술을 개발하고자 한다. 기존 건축물의 온실가스 감축을 위해 적용성이 뛰어난 기술을 도출하기 위해서는 기존 화석연료의 사용량을 절감하고 대체할 수 있는 리모델링 기술도출이 필요하며, 도출된 기술은 온실가스 감축실적으로 인정받을 수 있어야 한다. 실적인정을 위해서는 국제기준에 부합하는 방법론 개발, 감축실적 정량화, 그리고 지속적인 모니터링 기술이 필요하다.

본 연구에서는 다음과 같은 방법으로 리모델링 기술을 도출하고자 한다. 첫째, 국내·외 탄소배출권 거래제도를 분석하고, 건물부문의 승인된 방법론과 적용사업에 대해 살펴본다. 둘째, 에너지 감축을 위한 리모델링 기술과 에너지저장 관련 제도 등에서 활용되고 있는 에너지 저장 기술요소를 추출하여 요소별로 기술일반, 에너지, 온실가스, 정량화, 중복성 측면으로 분석한다. 그리고 분석결과를 바탕으로 온실가스 감축 요소 pool을 도출한다. 셋째, 기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술을 도출하기 위하여, 선정기준과 의사결정 프로세스를 마련하여 요소 pool을 분석한다. 그리고 분석결과를 바탕으로 온실가스 감축 리모델링 기술을 도출하고 효과의 중복성 등을 검토하여 그룹화한다. 마지막으로, 현행 환경부의 배출권거래제 상쇄제도에 등록된 방법론과 비교하고, 향후 방법론 개발의 가능성을 살펴본다.

2. 제도 및 적용현황 분석

2.1 국내 탄소배출권 제도 분석

국내 배출권거래제도는 배출권거래제 할당대상업체의 온실가스 배출량 감축의무 이행을 위한 수단으로 도입되어, 현재 표 1과 같이 ① 환경부(온실가스 배출권 거래제 상쇄제도), ② 산업통상자원부(자발적 온실가스 감축사업), ③ 농림축산식품부(농업·농촌 자발적 온실가스 감축사업), ④ 산림청(산림탄소상쇄제도)으로 운영되고 있다 (KISTEC, 2015; KISTEC, 2014; MAFRA, 2013; KFS, 2016; MOTIE, 2016).

Table 1. Domestic emissions trading scheme

| | KOP ¹ | KVER ² | FCO ³ | ARCOP ⁴ |
|-------------------------|-------------------------|--|----------------------|---|
| Organization | Ministry of Environment | Ministry of Trade, industry and energy | Korea Forest Service | Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs |
| Launched Year | 2015 | 2005 | 2013 | 2012 |
| Registered projects | 0 | 573 | 53 | 26 |
| Certified methodologies | 16 | 16 | 6 | 15 |

¹Korean Offset Program

²Korea Voluntary Emission Reduction

³Forest Carbon Offset

⁴Agricultural and Rural Carbon Offset Program

그러나 표 2와 같이, 건물부문에 적용 가능한 방법론은 일부 있으나, 사업등록수는 1.5% (전체 652건 중 10건)로 매우 저조하다. 이러한 이유는 건물의 특성을 효과적으로 반영하지 못하였거나, 감축실적의 정량적 평가 및 모니터링에 한계가 있기 때문이다.

Table 2. Certified methodologies and registered projects in building sector

| | KOP | KVER | FCO | ARCOP |
|-------------------------|-----------|------------|-----------|-----------|
| Certified methodologies | 7 (43.8%) | 10 (62.5%) | 2 (33.3%) | 5 (33.3%) |
| Registered projects | 0 (0.0%) | 7 (1.2%) | 2 (3.8%) | 1 (3.8%) |

2.2 온실가스 감축량 인증 방법론

국내·외 온실가스 감축방법론을 개발 주체에 따라 구분하면 다음과 같이 두 가지로 방식으로 나눌 수 있다. 첫째, 감축사업 운영 주체가 개발적인 방법론 원칙을 제시하고 감축사업자가 개별 사업별로 방법론을 개발하거나, 사용 가능한 방법론을 지정하는 방식이다. 둘째, 감축사업 운영 주체가 자체방법론을 개발해 감축사업자가 사용하게 하는 방식이다. 개발 주체에 따른 방법론은 다음 표와 같다(ICAP, 2015; CRS, 2016).

Table 3. Comparison of domestic and overseas trading scheme

| Spec. | Overseas | Domestic | |
|---------------|-------------------|-----------------------------|----------------------|
| Provi-der | CDM ¹ | RGGI ⁷ | KOP |
| | JI ² | CFS ⁸ | |
| | VCS ³ | Green-e climate | |
| | GS ⁴ | VER+ ⁹ | |
| | ACR ⁵ | NZ PFSI ¹⁰ | |
| | JCDM ⁶ | Plan Vivo System | |
| Orga-nization | CAR ¹¹ | J-VER ¹³ | KVER ARCOP KOP |
| | CFI ¹² | The climate leaders program | |

¹Clean Development Mechanism

²Joint Implementation

³Verified Carbon Standard

⁴Gold Standard

⁵American Carbon Registry

⁶Japan Clean Development Mechanism

⁷Regional Greenhouse Gas Initiative

⁸Carbon Fix Standard

⁹Verified Emission Reduction

¹⁰Permanent Forest Sink Initiative

¹¹Climate Action Reserve

¹²Carbon Farming Initiative

¹³Japan Verified Emissions Reduction

감축사업별 적용방법론 유형은 ① 자체 방법론을 개발하고 자체 방법론만을 사용할 수 있도록 하는 경우, ② 자체 방법론뿐 아니라 CDM 등 타 감축사업의 방법론도 사용할 수 있도록 하는 경우, ③ 그리고 자체 방법론을 개발하지 않고 CDM 등 타 감축사업의 방법론을 적용하도록 하는 경우 등 3가지 유형으로 구분할 수 있다. 그러나 모두 CDM, ISO 14064, WRI(World Resources Institute)의 GHG(Green House Gas) Protocol 등 국제 표준의 원칙 및 기준에 따라서 방법론을 개발하고 있다.

일본의 J-VER 및 JCDM는 자국 실정에 맞게 방법론을 개발해 우선 추진이 필요한 프로젝트 유형에 대한 방법론을 개발하거나 방법론에 구체적인 내용(베이스라인 시나리오, 추가성 입증을 위한 적격성 기준, 구체적인 모니터링 지침 등)을 담는 등 국제적 표준을 준용하면서 방법론의 활용성을 높이고 있다. 국내·외 감축사업별 적용 방법론은 다음과 같다.

Table 4. Comparison of domestic and overseas applied methodologies

| Spec. | Overseas | | Domestic |
|------------------------------|-------------------------|------|----------|
| Own methodologies | CDM | CFS | ARCOP |
| | CAR | PFSI | |
| | Plan Vivo System | RGGI | KOP |
| | J-VER | CFI | |
| | Climate Leaders Program | | |
| Own methodologies and others | Ji | VCS | KVER |
| | GS | JCDM | |
| Others | Green-e climate VER+ | | |

2.3 감축사업별 적용 방법론 및 승인절차

대부분의 감축사업들은 CDM방법론을 사용할 수 있도록 하거나, CDM방법론을 준용해 자체 방법론을 개발하여 사용하고 있다. 따라서 각 감축사업들의 방법론 대부분은 CDM방법론의 구성을 따르고 있다. 공통적으로 방법론은 크게 세 부분으로, ①적용성(방법론이 적용되는 감축기술 등), ②베이스라인 방법론(감축량을 정량화하는 방법 및 기준), ③모니터링 방법론(감축활동의 성과를 확인할 수 있는 방법 및 기준)으로 구성된다(UNFCC, 2016).

방법론 승인신청을 하기 위해서는 방법론 제안서를 작성하고 이를 증명하기 위하여 일반사항 및 용어정의, 베이스라인 방법론, 모니터링 방법론, 참고문헌 등의 관련 서류를 제출하여야 한다. 방법론의 평가는 제출서류의 완전성, 방법론 적용조건의 적절성, 베이스라인 방법론 기술의 적절성, 모니터링 방법론 기술의 적절성, 기타 필요하다고 인정하는 사항 측면으로 이루어진다.

3. 기존 건축물 온실가스 감축 기술요소 Pool 도출

3.1 온실가스 감축을 위한 기술요소 분석기준

본 연구에서는 온실가스 감축 기술을 도출하고 에너지 성능을 개선하기 위한 그린리모델링 기술요소(KISTEC,

2013), 에너지절약설계기준(MOLIT, 2015)에 따른 에너지 절감기술 요소를 분석하였다. 온실가스 감축 기술요소 분석은 표 5와 같이 5개 부문 19개 세부항목을 기준으로 수행하였다. 기술일반 측면은 해당 기술이 적용 가능하고 활용이 가능한지 등을 파악하고자 함에 있다. 특히, 정량화가능여부와 중복성 여부는 향후 방법론 개발이 가능하도록 하고, 기술별 중복효과에 따라 절감량이 복합적으로 산정되는 것을 방지하기 위함이다.

Table 5. Considerations for selecting GHG reduction techniques

| Spec. | Contents |
|------------------|---|
| General | ①Definition, ②purpose, ③physical technique, ④related technique, ⑤key factors for technique |
| Energy Reduction | ⑥reducing methods(direct and/or indirect), ⑦effect, ⑧range(air conditioning, heating, water supply, lighting, and machinery), ⑨reducing target(power, heat, and/or fossil fuels), ⑩reduction type(reduction, and/or production), ⑪other characteristics |
| GHG Reduction | ⑫GHG reduction type(reduction, avoidance, and/or absorb), ⑬GHG emission sources, ⑭GHG type |
| MRV ¹ | ⑮Quantification or not, ⑯quantification target, ⑰range, ⑱methods |
| Redundancy | ⑲Redundancy range of effect of energy and GHG reduction |

¹Measuring Reporting Verifying

3.2 기술요소 분석

위의 분석 기준에 따른 요소 분석 결과는 표 6과 표 7과 같다. 표 6의 첫 번째 분석기준인 단열(Insulation)에 대한 상세분석결과를 도출하면 표 8과 같다. 단열의 경우 첫째, 단열성능 개선에 따른 에너지 절감효과는 액티브 기술과 달리, 복합신소재 사용 등 적용 단열재의 단열성능에 따라 에너지를 간접적으로 절감시킨다. 둘째, 단열성능 개선에 따라 냉방, 난방에너지가 저감될 수 있으며, 기계설비의 효율에 영향을 주어 부하를 저감시킬 수 있다. 셋째, 온실가스 감축을 위한 방법으로 감축유형에 해당되며, 온실가스 감축을 회피하거나 흡수하는 기술이라 판단하기 어렵다. 넷째, 정량화 방법 측면에서, 평가는 다른 요소와 통합되어 평가될 수 있으며, 시뮬레이션을 수행할 경우에는 개별적으로 평가가 가능하다. 마지막으로, 중복효과 측면에서 기밀(표 6의 2), 창호(표 6의 3), 차양장치(표 6의 4), 열획득(표 6의 5), 자연채광(표 6의 8), 환기(표 6의 9), 열교방지(표 6의 10), 건축물 녹화(표 6의 12) 기술과 밀접한 관계가 있다.

Table 6. Analysis result of technical factors for greenremodeling projects

| Technical factors | | Effectiveness of energy saving ¹⁾ | | Energy Reduction ²⁾ | | | | | GHG Reduction type | | | MRV ³⁾ | | | Redundancy between other technical factors |
|-------------------|----------------------------------|--|----------|--------------------------------|---------|--------------|----------|-----------|--------------------|-----------|--------|-------------------|-------------|------------|--|
| | | Direct | Indirect | Air conditioning | Heating | Water supply | Lighting | Machinery | Reduction | Avoidance | Absorb | Measuring | Calculation | Simulation | |
| 1 | Insulation | × | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 2,3,4,5,8,9,10,12 |
| 2 | Air tightness | × | ○ | △ | ▼ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,3,5,8,10,12 |
| 3 | Door and window | × | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,2,4,5,8,9,10,12 |
| 4 | Shading device | × | ○ | ▼ | △ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,3,4,9,10,11 |
| 5 | Heat gain | × | ○ | △ | ▼ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,2,3,8,10,12 |
| 6 | High energy efficiency equipment | ○ | ○ | - | - | - | ▼ | ▼ | ○ | × | × | Individual | Individual | Individual | 9 |
| 7 | Renewable energy | ○ | ○ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ○ | × | × | Individual | Individual | Individual | - |
| 8 | Natural daylighting | × | ○ | △ | ▼ | - | ▼ | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,2,3,5,10,12 |
| 9 | Ventilation | × | ○ | ▼ | ▲ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,3,4,6,9,10,11 |
| 10 | Thermal bridge prevention | × | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Individual | 1,2,3,4,5,8,9,12 |
| 11 | Interior finish | × | × | - | - | - | - | - | ○ | × | × | × | × | × | - |
| 12 | Building greenery system | × | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | ○ | Integration | Individual | Individual | 1,2,3,4,5,8,9,10 |
| 13 | Resource circulation | × | ○ | - | - | - | - | ▼ | ○ | × | × | Individual | × | × | 6 |
| 14 | Waste recycling | × | × | - | - | - | - | - | × | × | × | × | × | × | - |

1) Direct : Energy saving, directly / Indirect : Energy saving, indirectly

2) ▼ : Can reduce energy load, ▽ : Potential energy load reduction, ▲ : Increase energy load, △ : Potential energy load increase, - : N/A

3) Integration : can not measure effectiveness of energy savings from each individual technical factors, but can measure the effectiveness through integrated technical factors, toally. Individual : can measure the effectiveness of each technical factor.

Table 7. Analysis result of technical factors based regulation of eco-friendly design criteria of buildings

| Technical factors | | Effectiveness of energy saving | | Energy Reduction | | | | | GHG Reduction type | | | MRV | | | Redundancy between other technical factors |
|-------------------|---|--------------------------------|----------|------------------|---------|--------------|----------|-----------|--------------------|-----------|--------|-------------|-------------|-------------|--|
| | | Direct | Indirect | Air conditioning | Heating | Water supply | Lighting | Machinery | Reduction | Avoidance | Absorb | Measuring | Calculation | Simulation | |
| 1 | Insulation of outer wall | | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | Technical factors of green-remodeling |
| 2 | Roof insulation | | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 3 | Bottom Insulation | | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 4 | Air tightness | | ○ | △ | ▼ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 5 | opening for natural daylighting | | ○ | △ | ▼ | - | ▼ | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 6 | Window insulation | | ○ | ▼ | ▼ | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 7 | Installation of shading device | | ○ | ▼ | △ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 8 | Heat gain | | ○ | △ | ▼ | - | ▼ | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 9 | Installation of revolving door | | ○ | △ | ▼ | - | - | ▽ | ○ | × | × | Integration | × | Integration | |
| 10 | Improve of heating system efficiency | ○ | | - | - | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | × | - |
| 11 | Improve of Air conditioning system efficiency | ○ | | - | - | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | × | - |
| ... | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | Power saving system | | | - | - | - | - | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | × | - |
| 31 | Renewable energy for power production | ○ | | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ▼ | ○ | × | × | Integration | × | × | - |
| 32 | Renewable energy for heat production | ○ | | - | ▼ | ▼ | - | - | ○ | × | × | Integration | × | × | - |

Table 8. Analysis result of technical factors of insulation

| | | |
|------------------|-----------------------|--|
| General | Definition | Techniques using materials of low heat conduction |
| | Purpose | <ul style="list-style-type: none"> · Heating and air-conditioning load reduction · Prevention of dew condensation · enhancement of thermal comfort |
| | Physical techniques | <ul style="list-style-type: none"> · Exterior finish · Thermal insulating material |
| | Related technique | Thermal bridge prevention |
| | Key factors | Heat transfer coefficient |
| Energy Reduction | Reduction or not | Yes |
| | Type | Energy saving |
| | Methods | indirect |
| | Range | <ul style="list-style-type: none"> · Heating load · Air-conditioning load |
| | Target | <ul style="list-style-type: none"> · Power · Heat · Fossil fuel |
| | Others | N/A |
| GHG Reduction | Reduction type | Reduction of GHG emissions |
| | Sources | <ul style="list-style-type: none"> · Power · Heat · Fossil fuel |
| | GHG type | <ul style="list-style-type: none"> · CO₂ · CH₄ · N₂O |
| MRV | Quantification or not | Yes |
| | Methods | Measuring simulation |
| | Range and methods | <ul style="list-style-type: none"> · Measuring : mechanical equipment (power and fossil fuel) · Simulation : energy requirements and consumption |
| Redundancy | Redundancy range | <ul style="list-style-type: none"> · Air tightness · Door and window · Shading device · Heat gain · Natural daylighting · Ventilation · Thermal bridge prevention · Building greenery system |

표 8의 ‘단열’ 요소 분석방법과 동일하게, 에너지 성능을 개선하기 위한 그린리모델링 기술요소 14가지와, 에너지 절감기술기준에 따른 에너지 절감기술 요소 32가지를 분석하여 표 6과 표 7에 기술하였다.

3.3 온실가스 감축 기술요소 Pool 도출

분석 결과를 토대로 온실가스 감축을 위한 37가지의 기술요소 pool을 도출하였다. 이때, 그린리모델링 요소와

중복되는 표 7의 1~9항목은 제외하였다. 그리고 에너지 절감효과가 미흡한 것으로 평가된 실내마감(표 6의 11)과 에너지 절감효과가 없고 정량화가 어렵다고 판단된 폐기물재활용(표 6의 14)은 기술요소 pool에서 제외하였다. 도출된 기술요소 pool은 기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술을 도출하는데 활용하였다. 온실가스 감축 기술요소 Pool은 표 9와 같다.

Table 9. Pool of technical factors to reduce GHG emissions

| Technical factors |
|---|
| Insulation, Air tightness, Door and window, Shading device, Heat gain, High energy efficiency equipment, Renewable Energy, Natural daylighting, Ventilation, Thermal bridge prevention, Building greenery system, Resource circulation, Improve of heating system efficiency, Improve of Air conditioning system efficiency, Improve of efficiency of equipments of heat sources and ventilation, Cooling system using outdoor air, Heat recovery ventilation system, Ventilation system using bottom heat, Heat recovery ventilation system of boiler and HVAC, Improve of operational efficiency of equipments of heat sources, Adopt of eco-friendly control method of AHU, Water recovery ventilation system, Improve of boiler efficiency, Adopt of eco-friendly control method of water pump for heating and air conditioning, Eco-friendly control of water pump and high pressure feed, water pump, Eco-friendly control of mechanical equipment, High efficiency transformer, Low backflow condenser, LED lighting, Illumination control systems, Partial Lighting, Lighting control system, Power saving system, Renewable energy for power production, Renewable energy for heat production, Fuel conversion from fossil fuel, Change of refrigerant |

4. 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술 도출

4.1 온실가스 감축 기술 도출을 위한 선정방법

기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술을 도출하기 위해서는 해당 기술로 온실가스 감축량을 인정받을 수 있도록 감축방법론이 국제 기준에 따라 개발될 수 있어야 하고 활용성 및 국내 기술 적용이 가능하여야 한다. 그리고 감축실적이 정량 평가되고 모니터링이 가능하여야 한다. 본 연구에서는 온실가스 감축을 위한 표 9의 리모델링 기술요소 pool을 활용하여, 방법론 개발이 가능한 온실가스 감축 리모델링 기술을 도출하고자 하였다. 이를 위하여, 온실가스 감축 리모델링 기술을 선정하기 위한 선정기준과 선정을 위한 의사결정 프로세스를 마련하였다. 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술 선정기준 및 의사결정 프로세스는 그림 1과 같다.

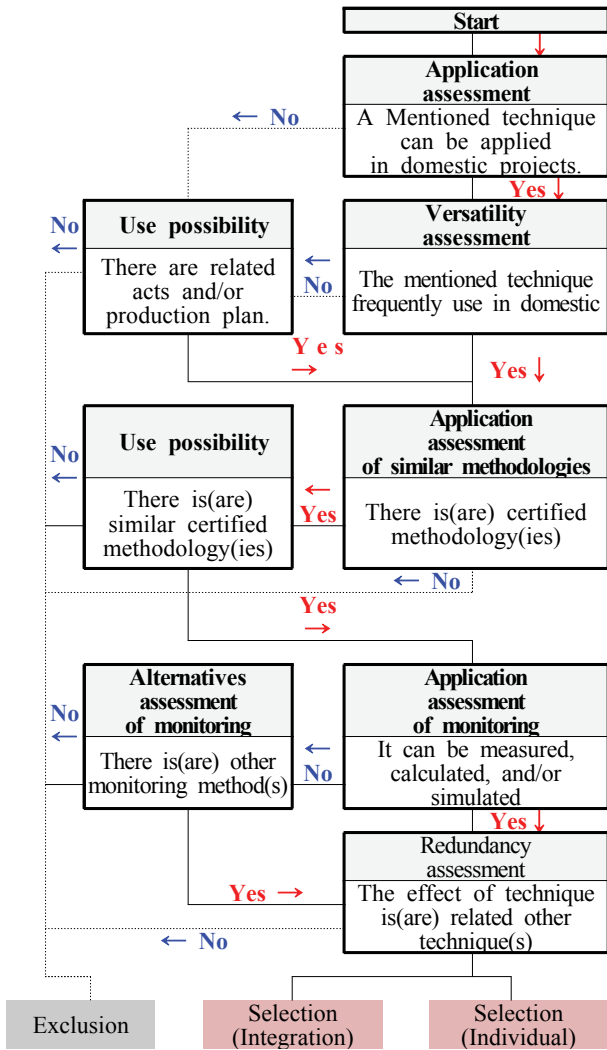


Fig. 1 Selection criteria and decision making process

먼저, 해당 기술이 국내에 적용이 가능한 기술인가를 파악한다. 적용이 가능한 경우에는 활용성을 평가하여 보편적으로 활용이 되고 있는지를 확인한다. 그리고 유사 방법론 적용성 평가를 통하여 국내외 방법론 중 해당 기술에 대한 온실가스 감축량 산정 방법론이 존재하는 지를 확인한다. 유사 방법론이 존재하지 않는 경우에는 모니터링의 적정성을 평가하여 계측이 가능한지를 확인하고, 감축효과가 요소별로 중복되어 발생하는지를 확인한다. 중복되어 발생하는 경우에는 중복성이 있는 요소들을 통합한 통합기술을 선정하고, 그렇지 않은 경우에는 개별 요소를 기술로 선정한다. 반면, 모니터링 적격성 평가에서 계측이 쉽지 않은 경우에는 모니터링 방법의 대안이 있는지 확인하고, 대안이 없는 경우에는 기술선정에서 제외한다.

4.2 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술

4.1절의 선정기준 및 의사결정 프로세스에 따라 37가지 기술요소를 표 10과 같이 분석하였다. 표 10에 나타낸

바와 같이 37개 기술요소 모두 국내 적용사례가 있는 것으로 나타났으나, 열획득(5번), 폐열회수형 환기장치 도입(17번), 바닥열을 이용한 환기장치 도입(18번), 보일러 또는 공조기의 폐열 회수장치 도입(19번), 생활배수 폐열 회수 설비 도입(22번), 냉각기, 냉동기 냉매 변경(37번) 요소는 보편적 활용성 측면에서 미흡한 것으로 분석되었다. 또한, 열획득(5번), 자연채광(8번), 환기(9번), 열교방지(10번), 건축물녹화(11번), 자원순환(12번), 외기냉방시스템 도입(16번), 폐열회수형 환기장치 도입(17번), 바닥열을 이용한 환기장치 도입(18번), 보일러 또는 공조기의 폐열 회수장치 도입(19번), 생활배수 폐열회수 설비 도입(22번), 역률개선용콘덴서 설치(28번), 조도자동조절 조명기구 설치(30번), 부분조명 가능 점멸회로 구성(31번), 층별·구역별 일괄 소등스위치 설치(32번), 대기전력자동차단장치 설치(33번), 냉각기·냉동기 냉매 변경(37번) 등 17개 요소는 모니터링 적격성 및 대안 여부 평가에서 계측 기반의 모니터링을 대체할 수 있는 대안이 존재하지 않는 것으로 나타나 선정 기술에서 제외하였다.

한편, 분석 결과에 따른 17개 기술요소를 제외한 온실가스 감축을 위한 20개의 리모델링 기술은 효과의 중복성 측면에서 온실가스 감축효과가 타 기술과 중복되어 발생하는 경우(표 10의 ⑦ Integration)와 타 기술과 중복되지 않는 경우(표 10의 ⑦ Exclusion)가 발생한다. 이에 타 기술과 중복되어 통합이 필요한 경우를 고려하여 효과가 중복되는 기술을 표 11과 같이 그룹화하였다.

Table 10. Analysis result of technical factors to select remodeling techniques

| Technical factors | | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ | ⑦ |
|-------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 1 | Insulation | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 2 | Air tightness | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 3 | Door and window | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 4 | Shading device | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 5 | Heat gain | Yes | No | No | N/A | N/A | N/A | Exclusion |
| 6 | High energy efficiency equipment | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 7 | Renewable energy | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 8 | Natural daylighting | Yes | Yes | No | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 9 | Ventilation | Yes | Yes | No | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 10 | Thermal bridge prevention | Yes | Yes | No | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 11 | Building greenery system | Yes | Yes | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 12 | Resource circulation | Yes | Yes | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 13 | Improve of heating system efficiency | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 14 | Improve of Air conditioning system efficiency | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 15 | Improve of efficiency of equipments of heat sources and ventilation | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 16 | Cooling system using outdoor air | Yes | Yes | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 17 | Heat recovery ventilation system | Yes | No | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 18 | Ventilation system using bottom heat | Yes | No | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |

| | | | | | | | | |
|----|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------------|
| 19 | Heat recovery ventilation system of boiler and HVAC | Yes | No | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 20 | Improve of operational efficiency of equipments of heat sources | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 21 | Adopt of eco-friendly control method of AHU | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 22 | Water recovery ventilation system | Yes | No | Yes | No | N/A | N/A | Exclusion |
| 23 | Improve of boiler efficiency | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 24 | Adopt of eco-friendly control method of water pump for heating and air conditioning | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 25 | Eco-friendly control of water pump and high pressure feed water pump | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 26 | Eco-friendly control of mechanical equipment | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 27 | High efficiency transformer | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 28 | Low backflow condenser | Yes | Yes | Yes | Yes | No | No | Exclusion |
| 29 | LED lighting | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Integration |
| 30 | Illumination control systems | Yes | Yes | Yes | Yes | No | No | Exclusion |
| 31 | Partial Lighting | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No | Exclusion |
| 32 | Lighting control system | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No | Exclusion |
| 33 | Power saving system | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | No | Exclusion |
| 34 | Renewable energy for power production | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Individual |
| 35 | Renewable energy for heat production | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Individual |
| 36 | Fuel conversion from fossil fuel | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Yes | Individual |
| 37 | Change of refrigerant | Yes | No | No | No | N/A | N/A | Exclusion |

[note]

- ① Application assessment
- ② Versatility assessment
- ③ Use possibility in terms of acts and/or production plan
- ④ Application assessment of similar methodologies
- ⑤ Use possibility in terms of similar certified methodology(ies)
- ⑥ Application assessment and alternatives assessment of monitoring
- ⑦ Redundancy assessment

Table 11. Grouping from related remodeling techniques

| Spec. | Group | Related remodeling techniques |
|-------|---|--|
| 1 | GHG reducing Techniques by building insulation | ·Insulation ·Air tightness ·Door and window ·Shading device |
| 2 | Techniques by high efficiency building equipments | ·High energy efficiency equipment ·Improve of heating system efficiency ·Improve of Air conditioning system efficiency ·High efficiency transformer ·Improve of boiler efficiency |
| 3 | Power production through renewable energy | ·Renewable energy for power production ·Renewable energy |
| 4 | Heat production through renewable energy | ·Renewable energy for heat production |
| 5 | Eco-friendly control techniques | ·Improve of operational efficiency of equipments of heat sources ·Adopt of eco-friendly control method of AHU ·Adopt of eco-friendly control method of water pump for heating and air conditioning ·Eco-friendly control of water pump and high pressure feed water pump ·Eco-friendly control of mechanical equipment ·Improve of efficiency of equipments of heat sources and ventilation |

| | | |
|---|---------------------------|-----------------------------------|
| 6 | LED lighting installation | ·LED lighting |
| 7 | Fuel conversion | ·Fuel conversion from fossil fuel |

단열, 기밀, 창호, 차양장치는 건물의 단열과 관련이 있으며, 앞에서 살펴본 바와 같이 에너지 저감 및 온실가스 감축에 상호 연관성이 있기 때문에, ‘건물 단열을 통한 온실가스 감축 기술’로 그룹화할 수 있다.

4.3 환경부 승인 방법과의 비교 및 후속연구

환경부에 등록된 방법론은 표 12와 같이 16건으로, 이중 7건은 건물부문에 적용이 가능한 방법론이다.

Table 12. Certified methodologies in Ministry of Environment

| Spec. | Certified methodologies | Application in building |
|-------|--|-------------------------|
| 1 | Fuel conversion using wood pellet | |
| 2 | Fuel conversion using wood pellet for gardening | |
| 3 | Fuel conversion for drying machine of grain | |
| 4 | Power production through renewable energy | Possible |
| 5 | Renewable energy for gardening | |
| 6 | Heat production through renewable energy | Possible |
| 7 | Fuel conversion | Possible |
| 8 | Eco-friendly control of mechanical equipment | Possible |
| 9 | High efficiency building equipments | Possible |
| 10 | High efficiency lighting installation in building | Possible |
| 11 | High efficiency lighting installation on road | |
| 12 | Bio CNG production and use for vehicle | |
| 13 | Heat production through used wood | Possible |
| 14 | Bio gas collection and use for sewage disposal plant | |
| 15 | Bio gas collection and use for gardening | |
| 16 | New/re-afforestation | |

본 연구에서 살펴본 리모델링 기술(표 11)과 환경부의 방법론(표 12)을 비교하면, ‘건물 단열을 통한 온실가스 감축 기술’을 활용한 온실가스 감축 방법론은 아직까지 환경부에 등록되어 있지 않음을 알 수 있다. 건물의 에너지 성능을 향상시키는 가장 효과적인 방법은 건물의 단열 성능을 개선하는 것이다(KISTEC, 2013). 따라서 기존 건축물의 단열성능 개선을 통해 난방부하를 절감하고, 난방의 용도로 사용되는 화석연료의 사용량을 절감하기 위해서는 온실가스를 감축하는 사업에 ‘건물 단열을 통한 온실가스 감축 기술’을 통한 감축방법론이 개발되어 적용될 수 있어야 한다. 반면, 단열 관련 방법론을 제외한 6가지의 방법론은 현행 환경부의 기 등록된 방법론과 유사하다

는 것을 알 수 있다. 따라서 6가지 방법론을 바탕으로 환경부의 기존 승인 방법론을 건축물의 특성을 고려하여 개선한다면 기존 건축물의 배출권거래제 상쇄제도에 등록이 가능한 사업이 확대될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 열전도율을 획기적으로 저감시키는 등 에너지 성능개선을 위해 필요한 복합신소재 개발 및 적용을 위한 후속 연구가 필요하다.

5. 결 론

국내 배출권거래제도를 통하여 등록된 사업은 총 652건이나 건물부분의 사업은 10건으로 전체 사업의 1.5%로 매우 저조하다. 이러한 이유는 현재 온실가스 감축량 인정을 위하여 승인된 방법으로는 건물부분에 적용하기 어려워 사업등록이 가능한 대상이 미미하기 때문이다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술을 도출하였다. 연구 결과를 요약하면 기존 건축물의 에너지성능 개선을 위한 리모델링시 온실가스 감축량을 정량적으로 평가받고 예측할 수 있는 리모델링 기술은 총 20가지이며, 효과의 중복성을 고려하여 7가지로 그룹화 할 수 있다. ① 건물 단열을 통한 온실가스 감축 기술 ② 고효율설비 설치를 통한 온실가스 감축 기술 ③ 재생에너지를 통한 전력 생산 기술 ④ 재생에너지를 통한 열 생산 기술 ⑤ 에너지 절감 설비 설치를 통한 온실가스 감축기술 ⑥ LED 조명 설치를 통한 온실가스 감축 기술 ⑦ 화석연료 연료전환을 통한 온실가스 감축 기술 본 연구에서 확립된 기존 건축물의 온실가스 감축을 위한 리모델링 기술은 도출 과정에서 향후 온실가스 감축량으로 인정받을 수 있도록 감축 방법론의 개발을 고려하여 도출한 것으로, 향후 기존 건축물의 온실가스 감축방법론으로 개발될 수 있을 것으로 판단된다.

REFERENCES

- CRS (2016), *Green-e Climate Certified Carbon Offsets*, Available From: http://www.green-e.org/getcert_ghg_products.shtml (accessed Jan., 30, 2016).
- ICAP (2015), *Linking Emissions trading Systems : A summary of Current Research*.
- KEC (2016), *GHG Emission Trading Scheme*, Available From: <https://www.keco.or.kr/kr/business/climate/contentsid/1517/index.do> (accessed Jan., 30, 2016). (in Korean).
- KFS (2016), *Forest Carbon Offset*, Available From: http://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/HtmlPage.do?pg=/fcm/UI_FCS_112010.html&mn=KFS_02_10_11_20_10&orgId=fcm (accessed Jan., 30, 2016). (in Korean).
- KISTEC (2013), *Design and Construction Techniques of Greenremodeling*. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (in Korean).
- KISTEC (2014), *Study of Energy performance mark and improve regulation of public buildings*. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (in Korean).
- KISTEC (2015), *Study to develop GHG Emissions Trading Scheme and pilot test in MOLIT*, Ministry of Land, Infrastructure and Transport. (in Korean).
- MAFRA (2013), *Agricultural and Rural Carbon Offset Program Regulation*. (in Korean).
- MOE (2013), *GHG Emissions Trading Scheme Act*. (in Korean).
- MOLIT (2015), *Regulation of Eco-friendly Design Criteria of Buildings*. (in Korean).
- MOITE (2016), *Korea Voluntary Emission Reduction*, Available From: <http://www.korea.go.kr/service/serviceView.do?svcSeq=44851> (accessed Jan., 30, 2016). (in Korean).
- UNFC (2016), *CDM Methodologies*, Available From: <https://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html> (accessed Jan., 30, 2016).