

## 산림바이오매스 부존 잠재량 및 임목성장량 분석을 통한 미이용 산림바이오매스 활용 국내산 Wood pellet 생산 가능량 예측 연구

김상선\* · 이봉희†

충북대학교 화학공학과

(2018년 2월 22일 접수: 2018년 3월 19일 수정: 2018년 3월 21일 채택)

### Estimation of the production potential of domestic wood pellets using unused forest biomass by analyzing the potential volume of forest biomass and the growth of forest trees

Sang-Seon kim\* · Bong-Hee Lee†

†Department of Chemical Engineering, Chungbuk National University,  
Chungcheongbuk-do, 361-763, Korea

(Received February 22, 2018; Revised March 19, 2018; Accepted March 21, 2018)

**요약** : 본 연구에서는 수입되는 바이오매스를 대체하고 증가하는 국내 RPS의무비율을 보다 효과적으로 대응하기 위해 우드펠릿으로 사용가능한 국내 산림바이오매스 부존자원을 파악하기 위하여 선행연구 방법과 매년 추가로 성장하는 임목성장률을 기준으로 미이용 산림바이오매스의 양을 산정하였다. 그 결과, 임목가공 중 발생하는 부산물 중 20%를 우드펠릿 원료로 사용한다고 가정했을 경우 두 가지 추정 방법으로 도출된 평균값을 기준으로 우드펠릿 생산 가능량을 예측 하였다. 그 결과 미이용 부산물은 2016년 199만 톤, 2020년 228만 톤, 2030년 308만 톤이 발생되고 원목가공 과정에서 발생하는 임목부산물(피죽, 톱밥 등) 중 20%가 우드펠릿 원료로 활용될 경우 2016년 258만 톤/년, 2020년 295만 톤/년 2030년 398만 톤/년의 원재료가 추가되어 미이용 부산물과 원목가공 과정 중 발생하는 부산물로 생산 가능한 우드펠릿 양은 2016년에 274만 톤/년, 2020년 314만 톤/년 2030년 423만 톤/년의 우드펠릿이 생산 가능하다는 결과를 도출 하였다.

**주제어** : 바이오매스, 우드펠릿, 산림바이오매스, 임목성장률, 임목부산물

**Abstract** : To replace the imported biomass and to effectively cope with growing RPS(Renewable Portfolio Standard) in power sector, the domestic forest biomass resources for wood pellets were estimated from the preceding research and annual growth rate of forest trees in this study. Assuming that 20% of the by-product from forest trees processing were used as raw material for

†Corresponding author  
(E-mail: bhlee@chungbuk.ac.kr)

wood pellet and the wood pellet production capacity was based on the average value derived from the above two methods, unused by-product and residues generated 1.99million tons in 2016, 2.28million tons in 2020 and 3.08million tons in 2030. If 20% of by-products(pebbles, sawdust, etc.) from roundwood processing were used as raw material for wood pellets, the wood pellet could be produced 2.74million tons/year in 2016, 2.95million tons/year in 2020, 3.98million tons/year in 2030. Therefore, total amounts of wood pellet would be increased to 2.74million tons/year in 2016, 3.14million tons/year in 2020, 4.23million tons/year in 2030 when it considered unused by-product and residues from wood processing as raw materials.

*Keywords : Biomass, Wood pellet, Forest biomass, Wood growth rate, Timber By-product*

## 1. 서론

최근 전 세계적으로 New & Renewable Energy에 대한 관심이 높아지고 있으며 신정부 들어서 The State Affairs Planning Advisory Committee(2017)에서 발표된 “The five-year policy for the Moon Jae-in administration of state affairs”[1] 자료에 의하면 MOTIE(2017)[2]에서 규정하고 있는 RPS(Renewable Portfolio Standards)의무 비율을 2030년까지 기존 10%에서 28%까지 상향 조정한다고 발표하였다. 또한, 재생에너지 3020 이행계획(안)[3]에 의하면 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 2016년 7%에서 2030년 20% 상향 보급하는 계획을 공표하였으며, 세계 각국이 파리기후협약 INDC(Intended Nationally Determined Contribution)을 이행하여야 하는 상황에서 에너지원의 재조정 및 전환을 추진 New & Renewable Energy시장 선점을 위해 노력하고 있다.

이러한 노력의 일환으로 발전사들을 중심으로 New & Renewable Energy에 속하는 바이오매스 연료를 발전용 연료로 사용하고자 하는 노력이 진행되었으나 최근 KFS 자료(2016)[4]에 의하면 기존에 보유하고 있는 국내 부존자원인 산림바이오매스를 효과적으로 활용하지 못하고 있으며 활용되지 못한 산림바이오매스 자원으로 인하여 자연재해(산불, 홍수, 산사태 등) 피해는 오히려 증가하고 있는 상황이다.

KEEI(2017)[5]에 따르면 세계 우드펠릿 생산량은 2015년 기준 2,800만 톤/년으로 2014년 대비 7.7%성장하였으며 MOTIE(2016)[6]는 국내 발전사들이 RPS(Renewable Portfolio Standard) 의무 공급량 기준 2013년도에 5.8%, 2014년 20.9%,

2015년 18.1%를 우드펠릿 및 Bio-SRF를 사용하여 RPS 의무량을 이행한 것으로 조사되었다. 한편 HAWKINS WRIGHT(2017)[7]에 의하면 2016년 국가별 우드펠릿 수입현황은 총 1,657만 톤으로 분석하였는데 이는 2014년 대비 약 14%, 2015년 대비 5.6% 증가한 수치이다. 2016년 기준으로 우드펠릿 수입 상위 10개국의 규모는 전체 수입량 대비 91%를 차지하고 있으며, 한국은 2014년 기준 185만 톤을 수입하여 전 세계 수입량의 12.8%를 차지하여 세계 Wood Pellet 수입국 4위를 유지하고 있다. 이렇듯 최근 세계 우드펠릿 시장의 성장과 국내 사용량이 급격하게 증가하였음에도 불구하고 NARS(2017)[8]보고서는 RPS 대상 발전회사들이 가격이 저렴한 수입산 우드펠릿을 대량으로 수입하여 사용함으로써 국내 우드펠릿 제조 산업 기반이 흔들리고 있으며, 2015년 기준 23개 국내 우드펠릿 제조업체 중 정상적으로 운영이 되는 곳이 몇 되지 않는 것이 국내 우드펠릿 산업의 현 주소라고 지적하고 있다.

이에 미이용 산림바이오매스 자원의 효율적 사용을 위한 연구 필요성을 인식하여 우드펠릿 원료로 사용가능한 미이용 산림바이오매스 부존자원을 파악하기 위하여 선행연구 NIFoS(2014) “Korea's forest biomass resource amount and Map”[9]에서 제시된 잠재량 분석 방법과 매년 자연적으로 성장하는 임목생장률을 기준으로 총 임목 축적량에는 변함이 없으면서 우드펠릿 원료로 사용될 수 있는 미이용 산림바이오매스의 양을 산정하고 임목가공 중 발생하는 부산물 중 20%를 우드펠릿 원료로 사용한다고 가정했을 때 국내에서 생산 가능한 우드펠릿 양을 연구하였다.

## 2. 연구방법

한국에너지공단에서 발표하고 있는 New & Renewable Energy 자원 잠재량(potential)은 우리나라 전 지역에 걸친 신·재생에너지 자원량의 총량을 가늠하고 국내 보급계획 수립을 위한 기초자료로 주로 활용되고 있으며 New & Renewable Energy 기본계획에도 적용되고 있다. 일반적으로 잠재량은 이론적 잠재량, 지리적 잠재량, 기술적 잠재량, 시장 잠재량 등으로 구분하는데, NIFoS(2014)에서는 이론적 잠재량, 지리적 잠재량, 기술적 잠재량 등 산림바이오매스 부존량을 예측하고 있고 바이오에너지의 경우 이론적 잠재량의 98.6%가 산림바이오에너지이며 산림바이오 총량 중 기술적으로 확보 가능한 기술적 잠재량은 지리적 잠재량의 54.0%로 추정하고 있다 [9].

이에 본 연구에서는 선행연구 NIFoS(2014)의 수집율을 기준으로 미이용 산림바이오매스 비율을 적용하고, 2006년 부터 2015년까지 증가하는 임목축적량을 10년 평균하여 매년 증가하는 임목축적량을 계산, 미이용 산림바이오매스 양을 산정하였으며 이를 원료로 활용할 경우 생산 가능한 우드펠릿 양을 산정하였다. 또한, 2006년부터 2015년까지의 임목축적량을 기준으로 매년 증가하는 임목축적량 10년 평균을 적용하여 자연적으로 성장하여 축적되는 임목을 과거 10년(2006~2015년) 평균 벌채비를 만큼 벌목한다는 가정에 벌목 시 수집되지 않는 미이용 산림바이오매스 비율을 적용하여 수집가능한 양을 산정하였으며, 수집된 산림바이오매스는 원목으로 가정하고 원목 수확량 대비 임목부산물을 역산하는 방식으로 미이용 산림바이오매스 잠재량을 추정하였다.

성장율과 벌채량의 경우 과거 실적의 평균 수준으로 향후에도 국내 산림바이오매스는 성장하고 벌채되며, 평균성장율(B) - 평균 벌목율이 실질적인 임목성장율로 매년 2.85%씩 성장하는 것으로 가정하였다. 또한 1), 2)에서 도출된 산림바이오매스 연료량에 원목 가공 후 남는 부산물이 실제 현업에서 경제적 가치가 부족하여 우드펠릿 원료보다 현저하게 낮은 가격에 거래되는 시장상황을 반영하여 실제 원목 가공공정에서 발생하는 30~50%의 부산물인 피죽과 톱밥 중 원목대비 10%, 20%가 우드펠릿 원료로 활용된다는 가정을 전제로 하였다. 이는 NIFoS(2013)[10],

COFORD(2016)[11]에서 제시된 우드펠릿의 품질에도 적합하며 제조원가를 낮출 수 있는 방법이기도 하다. 우드펠릿 환산계수는 실제 우드펠릿 제조사의 원료대비 생산량을 조사한 결과 원재료의 수분량에 따라 1.43~1.82로 조사되었으나 연구 신뢰도를 고려 선행연구 Shin and Han(2012)[12]에서 적용한 환산계수 1.67을 적용 우드펠릿생산량을 산정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

1) Fig 1.에서는 2011부터 2015년까지 5년동안 평균 벌채량 930만 $m^3$  중 54%인 504만 $m^3$ 가 수집·활용되고 있음을 보여주고 있다. 또한 벌채량의 46%인 426만 $m^3$ 가 활용되지 못하고 그대로 임지잔재 부산물로 버려지고 있으며 2013년 이후 임지잔재 부산물의 활용비율이 지속적으로 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

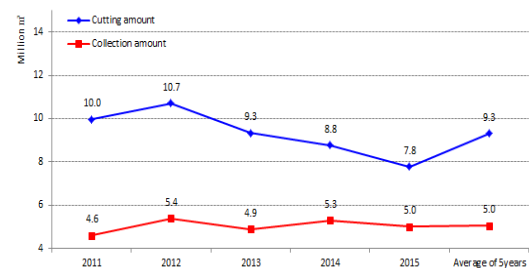


Fig 1. Five-year average logging and utilization of the amount(2011~2015)[4],[9]

Fig 2.에서는 2011년부터 2015년 평균으로 주벌 방식(Final cleaning)의 벌목방식은 전체 벌목량의 98%인 159만 $m^3$ 가 이용되고 있으나, 정부에서 지원을 하고 있는 숲 가꾸기(Forest tending)으로 발생하는 임목량은 503만 $m^3$ 로 전체 임목생산량 중 가장 많은 54%의 비중을 차지함에도 불구하고 임목 이용율은 24%인 122만 $m^3$ 로 수집비율이 가장 낮은 것으로 나타났다. 그 다음으로 기타방식, 솎아베기, 산지전용, 수종갱신으로 순으로 이용비율이 증가하는 것을 알 수 있다. 참고로 벌개령이 지나 임목축적량이 지속적으로 증가함에도 불구하고 벌채허가 실적이 감소하고 있는 것은 임목을 벌채하여 얻어지는 수익이 채산성이 맞지 않음을 시사하고 있다.

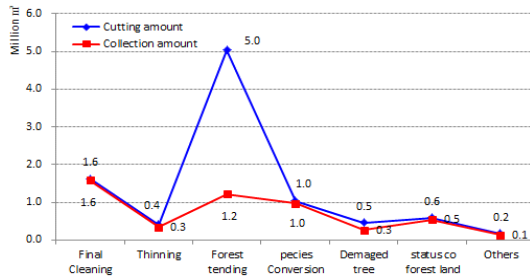


Fig 2. Five-year average(2011~2015) Forest tree cutting and utilization volume by logging method[4]

NIFoS(2014) “Korea’s forest biomass resource amount and Map”의 수집율을 기준으로 KFS(2016) “2016 Statistical yearbook of Forestry”를 적용하면 산림바이오매스의 시장수집량은 Fig 3.에서 알 수 있듯이 침엽수림(Softwood) 472만톤/년, 활엽수림(Hardwood) 559만 톤/년, 혼효림(Mixed) 406만 톤/년으로 전체144만 톤/년으로 산출되고 이를 우드펠릿으로 환산하면 침엽수림 28만 톤/년, 활엽수림 34만 톤, 혼효림 24만 톤/년으로 총 86만톤/년을 생산할 수 있으며 미이용 산림바이오매스량은 시장잠재량(부산물) - 시장수집량(부산물)이 된다.

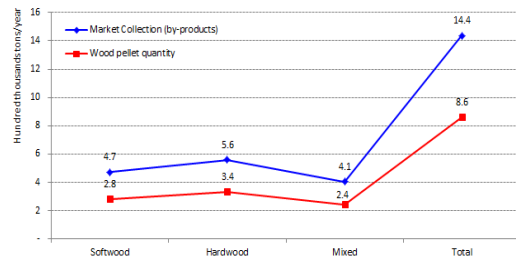


Fig 3. Wood pellet volume in Forest growing stock equivalent[4][9].

Fig 4.는 2006년부터 2015년까지 10년 기준 증가되는 임목축적량은 매년 평균 4,184만톤씩 증가한다는 것을 보여주고 있으며, 이를 기준으로 연도별 미이용 산림바이오매스 잠재량을 토대로 우드펠릿 생산량을 2030년까지 추정한 결과 Table 1.의 결과를 도출하였다. 여기서 나타난 미이용 임목부산물을 수집하여 생산할 수 있는 우드펠릿양은 2020년 141만 톤, 2030년 193만 톤으로 나타났다. 여기서 원목 가공과정에서 부산물

로 발생되는 피죽과 톱밥 중 원목대비 10%가 우드펠릿 원료로 활용 된다고 가정할 경우 2020년 232만 톤, 2030년 318만 톤이 생산 가능하고 이중 20%가 우드펠릿 원료로 활용 된다 가정하면 2020년 324만 톤, 2030년 443만 톤을 생산할 수 있다는 결과가 도출되었다. Fig 5.는 임목축적량 기준으로 2030년까지 생산 가능한 우드펠릿양을 보여주고 있다.

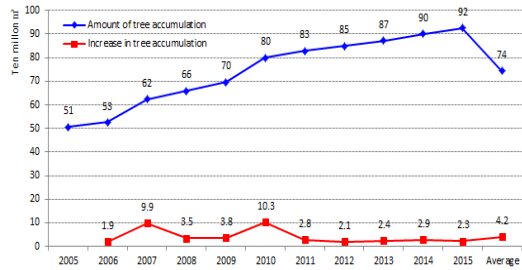


Fig 4. Ten-year average Forest Growing accumulation and Prediction[4]

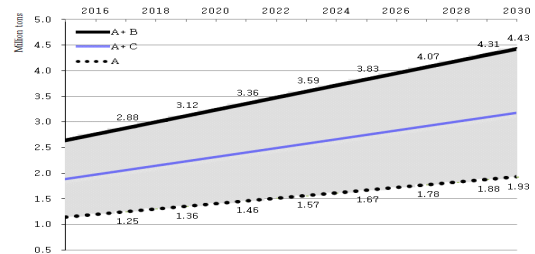


Fig 5. Estimation of wood pellet production capacity according to utilization rate of unused forest biomass and wood processing by-products based on forest biomass market potential.

- \* A : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency
- \* A+C : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency + the bark from wood processing(10% of raw log)
- \* A+B : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency + bark from wood processing(20% of raw log)

2) 임목성장량을 기준으로 임목축적량을 산정 전망한 결과 2018년 이후에는 임목축적량이 10억<sup>m</sup>³를 넘어서는 것으로 나타나고 있으며 2030년에는 임목축적량이 14억<sup>m</sup>³를 넘을 것으로 예상되었다. 이를 기준으로 미이용 임목부산물을 수집하여 생산할 수 있는 우드펠릿 추정량은 2020년 132만 톤, 2030년 175만 톤 생산이 가능하며 원목 가공과정에서 부산물로 발생되는 피죽과 톱밥 중 원목대비 10%가 우드펠릿 원료로 활용된다고 가정할 경우 2020년 218만 톤, 2030년 289만 톤 생산이 가능하고 그 중 20%가 우드펠릿 원료로 활용 된다고 가정하면 2020년 304만 톤, 2030년 402만 톤 생산 가능한 결과가 도출되었음을 Fig 6.은 보여주고 있다.

미이용 산림바이오매스 잠재량을 분석한 결과를 종합하면 선행 연구된 산림바이오매스 잠재량을 기준으로 우드펠릿 생산 가능량을 분석한 값과 임목성장율을 기준으로 분석한 값의 편차는 2030년 기준 약 10% 정도로 도출되었다.

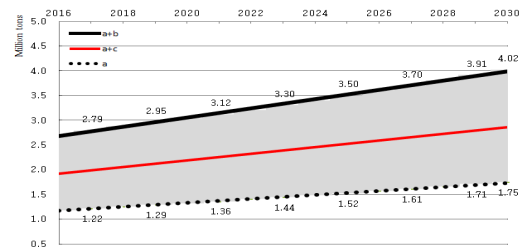


Fig 6. Estimation of wood pellet production capacity according to utilization rate of unused forest biomass and wood processing by-products based on the growth rate of forests

- \* a : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency
- \* a+c : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency + the bark from wood processing(10% of raw log)
- \* a+b : Manufacturing wood pellets by collecting the unused by-products left in the forest due to lack of economical efficiency + the bark from wood processing(20% of raw log)

Table 1. Estimate of domestic wood pellet production capacity

[unit: Million tons/year]

Classification	A	a	B	b	C	c	A+B	a+b	A+C	a+c
2015	1.15	1.15	1.49	1.49	0.74	0.74	2.64	2.64	1.89	1.89
2016	1.20	1.18	1.56	1.53	0.78	0.77	2.76	2.71	1.98	1.95
2017	1.25	1.22	1.62	1.57	0.81	0.79	2.88	2.79	2.07	2.00
2018	1.31	1.25	1.69	1.62	0.85	0.81	3.00	2.87	2.15	2.06
2019	1.36	1.29	1.76	1.67	0.88	0.83	3.12	2.95	2.24	2.12
2020	1.41	1.32	1.83	1.71	0.91	0.86	3.24	3.04	2.32	2.18
2021	1.46	1.36	1.89	1.76	0.95	0.88	3.36	3.12	2.41	2.24
2022	1.51	1.40	1.96	1.81	0.98	0.91	3.47	3.21	2.49	2.31
2023	1.57	1.44	2.03	1.86	1.01	0.93	3.59	3.30	2.58	2.37
2024	1.62	1.48	2.09	1.92	1.05	0.96	3.71	3.40	2.67	2.44
2025	1.67	1.52	2.16	1.97	1.08	0.99	3.83	3.50	2.75	2.51
2026	1.72	1.57	2.23	2.03	1.11	1.01	3.95	3.60	2.84	2.58
2027	1.78	1.61	2.30	2.09	1.15	1.04	4.07	3.70	2.92	2.65
2028	1.83	1.66	2.36	2.14	1.18	1.07	4.19	3.80	3.01	2.73
2029	1.88	1.71	2.43	2.21	1.22	1.10	4.31	3.91	3.10	2.81
2030	1.93	1.75	2.50	2.27	1.25	1.13	4.43	4.02	3.18	2.89

1), 2) 분석방법의 평균값을 기준으로 미이용 산림바이오매스 부산물은 2016년 199만 톤, 2020년 228만 톤, 2030년 308만 톤으로 전망되며, 원목 가공과정 중 발생하는 부산물(피죽, 톱밥 등) 중 20%가 우드펠릿 원료로 활용될 경우 2016년 258만 톤, 2020년 295만 톤, 2030년 398만 톤의 원재료가 추가되어 미이용 부산물과 원목가공 과정 중 발생하는 부산물 중 20%를 우드펠릿 원료로 활용할 경우 생산 가능한 우드펠릿은 2016년에 274만 톤, 2020년 314만 톤, 2030년 423만 톤의 우드펠릿이 생산 가능하다. 또한 최근 산림청에서 시행한 모두베기와 슈아베기 시범사업에서 모두베기는 79톤/ha, 슈아베기는 34톤/ha의 부산물이 수집되었고 이를 연간 평균 벌채 면적에 적용하면 임목 부산물은 1,084만 톤이라는 결과가 도출되며 이를 우드펠릿으로 환산할 경우 약 650만 톤을 생산할 수 있을 것으로 추정된다.

최근 발표된 국내 산림 자원관련 논문 자료 [13]와 KEEI(2017)에 의하면 국내 산림은 이미 성장기를 지나 성장을 감소추세에 접어들었다고 보고되고 있다. 그러므로 시범적으로 시행한 벌채 방식을 확대 적용하는 것에 대한 한계는 있으나 분명한 것은 미이용 산림바이오매스 부존잠재량 중 이용가능한 양은 산림바이오매스에 부과되는 경제성에 따라 변화될 것이며, 상기에서 제시한 잠재량과 성장량 분석보다 더 많은 미이용 산림 바이오매스의 수집이 가능하다는 것을 보여준다는 점에서 의미하는 바가 크다고 볼 수 있다[14].

#### 4. 결론

국내에서 소비되는 대부분의 우드펠릿은 F.A.O(2017)[15]에 의하면 2015년 기준 94.7%를 수입하여 사용하고 있고 이 중 동남아 수입산이 86.5%, 127만톤이며, 동남아 수입 제품 중 베트남이 69.5%, 102만톤, 말레이시아가 10%, 15.4만톤의 비율로 수입되었다. 세계 우드펠릿 시장의 급격한 성장과 더불어 국내 우드펠릿 시장도 한국전력 발전회사들이 RPS 대응 방안으로 석탄발전소에 우드펠릿을 혼소하여 사용하면서 급격하게 성장하였음을 MOTIE·KEA(2016)[6]의 자료로 확인할 수 있으나, 역으로 국내 우드펠릿 제조 산업은 고사 위기에 놓여 있고 산림바이오매스 자원은 활용되지 못한 채 산림에 방치되어

산불, 산사태, 홍수 등의 자연재해를 가중시키는 원인이 되고 있다.

산림청 발표자료[17]에 의하면 목재자급률은 2016년 16.2%로 2015년 4,914m<sup>3</sup> 대비 0.1% 증가하였으며 목재 수입량은 26,621천m<sup>3</sup>로 2015년 25,683m<sup>3</sup> 대비 3.7% 증가하였고 원목자급률은 57.2%로 2015년 56.2% 대비 0.7% 증가하였다 이 통계에서 알 수 있듯이 목재자급률 상승에 비해 목재 수입량이 상대적으로 높은 것은 국내에서 산림바이오매스를 원재료로 사용하고 있는 제지, 펄프업 등에서는 품질, 가격 등의 사유로 인하여 국내산 산림바이오매스 원재료를 선호하고 있지 않다는 것을 단적으로 보여주고 있다. 이러한 국내 산림바이오매스 시장상황 하에서 미이용 산림바이오매스를 우드펠릿 원료로 사용할 경우 현재 수입되는 우드펠릿을 전량 국내산으로 대체할 수 있으며 국내 우드펠릿 산업 활성화의 원동력이 됨은 물론 국내 임업산업 활성화를 유도할 수 있을 것으로 판단된다.

#### References

1. The State Affairs Planning Advisory Committee, The five-year policy for the Moon Jae-in administration of state affairs. p.67-95, Korean Culture and Information Service, (2017).
2. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Mandatory New and Renewable Energy Supply System and Guidelines for Management and Operation of Fuel Mixed Compulsory System. No.2016-171, p.1-6, Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), (2017).
3. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE), Renewable Energy 3020 Implementation Plan. p.1-6, Ministry of Trade, Industry and Energy(MOTIE), (2017).
4. Korea Forest Service(KFS), 2016 STATISTICAL YEARBOOK OF FORESTRY. No.46, p.267-324, Korea Forest Service(KFS), (2016).
5. Korea Energy Economics Institute(KEEI), weekly WORLD ENERGY MARKET

- INSIGHT. No. 17-25, p.3-30, Korea Energy Economics Institute(KEEI), (2017).
6. Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE)-Korea Energy Agency(KEA) New & Renewable Energy Center(NREC), 2015 New&Renewable Energy Supply Statistics. No.337001, p.9-50, Korea Energy Agency (KEA), (2016).
  7. HAWKINS WRIGHT, The Outlook for Wood Pellets-First Quarter 2017. Available from <https://www.hawkinswright.com/bioenergy/forest-energy> (accessed Nov. 2017)
  8. National Assembly Research Service (NARS), Current Status of New&Renewable Energy Development and Improvement Measures, Parliamentary audit corrective and Processing result evaluation report 31, p.2-36, National Assembly Research Service(NARS), (2016).
  9. Y. M. Son, R. H Kim, S. J. Lee, S. W. Kim, J. S. Hwang, H. Park, "Korea's forest biomass resource amount and Map", National Institute of Forest Science(NIFoS), No. 14-01, p.38-53, (2014).
  10. National Institute of Forest Science(NIFoS), Act on the Formation and Management of Forest Resources(Article 39), Wood Pellet Standard, Quality Standard, p.1-23, National Institute of Forest Science(NIFoS), (2013).
  11. Department of Agriculture, Food and the Marine, Review of worldwide standards for solid biofuels. Product No. 39. p1-12, Available from <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/cofordconnectsnotes>. (accessed Dec. 2017)
  12. D. S. Shin, G. S. Han, Analysis of Production Cost of Wood Pellet in Korea, p.11, Chungbuk National University Publishers, (2012).
  13. Y. M. Son, K. H. Lee, R. H. Kim, "Estimation of Forest Biomass in Korea", *Jour. Korean For. Soc.* Vol. **96**, No.4 pp.477-482, (2007).
  14. S. T. Jo, T. S. Jo, D. H. Choe, Y. S. Kim, S. H. Choe, G. S. Chae, O. G. Lee, B. H. Jeong, J. H. Oh, I. Yang, S. I. Choi, G. S. Han, Discovery of Unused Forest Biomass Resources and Characteristics of Wood Pellets, No.13-18, p.16-128, National Institute of Forest Science(NIFoS), (2013).
  15. Food and Agriculture Organization of the United Nations(F.A.O), Forestry Production and Trade, Available from [www.fao.org/faostat/en/#data/FO](http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO). (accessed Oct. 2017)
  17. Korea Forest Service.(KFS), Sustainable Timber Comprehensive Plan[2015~2019], p.3-37, Korea Forest Service.(KFS), (2014).