한국신·재생에너지학회 2006년도 추계학술대회논문집 pp.521~524

목질바이오매스를 이용한 펠릿연료의 제조

한 규성[1)]

Pellet Fuel from Wood Biomass

Gyu-Seong Han

Key words : Biomass(바이오매스), Pellet(펠릿), Bioenergy(바이오에너지),

Abstract : Recently, densified pellet fuel from wood biomass is widely used at North America and Europe as a regenerable and clean carbon neutral bioenergy. High-pressure compaction of sawdust of several species of wood to form a densified fuel was studied. Calorific and elemental analysis were carried out to assess pellet fuels. Hot-press process was adopted for compaction of sawdust and compaction was performed under prescribed condition. Densified fuels were evaluated by its oven-dry density and fines after 5-minute shaking test. The target density and fines of densified fuels were over 1.2 g/㎤ and below 0.5%, respectively. When the press-temperature is over 160℃, densified fuels with density over 1.2 g/㎤ and with fines below 0.5% can be produced. And the pressure over 1000 kgf/㎠ was effective for this production.

Nomenclature

HHV : higher heating value, MJ/kg
MC : moisture content, %
ODD : oven-dried density, g/㎤
F : fines, %

1. 서 론

최근 들어 석유 등 화석 자원의 소비에 따른 지구 환경오염 등으로 이를 대체할 수 있는 대체에너지의 하나로서 바이오매스가 주목받고 있다. 바이오매스로부터의 에너지는 "재생가능" 그리고 "카본뉴트럴" 이라 하는 두 가지의 큰 특징을 가짐으로써, 이산화탄소 배출 억제와 관계된 지구온난화 방지, 순환형 사회의 구축에 기여함과 동시에 지역에너지로서 지역산업 활성화와 고용 창출 등에도 공헌한다.

고형연료로서의 바이오매스의 이용은 목재의 이용이 가장 일반적인 형태로서 아직도 세계 각지에서 널리 이용되고 있다. 상품화 된 고형연료로는 칩의 형태로의 이용이 일반적이지만, 최근에는 이용편의성 등의 이점 때문에 고밀화 한 펠릿의 이용이 점차 늘고 있다. 오일쇼크가 있었던 1970년대 이후 이들 고밀화연료가 개발되기 시작한 후 현재 북미와 유럽을 중심으로 가정용 및 산업용으로의 이용량이 꾸준히 증가하고 있으며, 일본에서도 1980년대 초 이후 재차 펠릿연료에 대한 관심이 높아지고 있다. 이들 고밀화연료는 저비용의 청정한 환경친화형 연료라는 장점으로 인해 북미와 스웨덴 외에도 중국, 일본, 러시아, 뉴질랜드, 호주[2)] 등지에서 관심이 집중되고 있으며, 고밀화연료를 이용하여 산업용 또는 가정용의 열 생산 외에도 최근에는 열병합발전에 이르기까지 그 규모가 점차 확대되고 있다.

그러나 이러한 고밀화연료에 대한 연구보고는 많지 않은 실정이다. Lehtikangas[3, 4)]는 펠릿연료와 원료의 저장에 따른 함수율, 밀도, 미세분 등의 변화에 대하여 조사 보고하였으며, 종류가 다른 원료로 제조된 펠릿연료의 연료적 특성에 대하여 보고하였다. 또한 Li 등[5-7)]은 고지, 목재 폐재, 도시고형쓰레기로부터 고밀화연료를 제조하

기 위한 적정 제조 조건을 구명하였으며, 제조된 고밀화연료의 연료적 특성에 대해서도 보고하였다. 한편 국내에서는 한 등[8,9]이 포플러(현사시와 수원포플러) 톱밥으로부터 고밀화연료를 제조하고 연료 특성에 대하여 보고하였다.

이에 따라 본 연구는 국내의 여러 수종의 톱밥을 원료로 고압을 적용하여 목질펠릿을 제조하여 그 특성을 분석하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

리기다소나무, 아까시나무, 오리나무, 백합나무, 느티나무, 밤나무, 일본잎갈나무의 수피를 제거한 후 톱밥을 제조하여 사용하였다. 톱밥을 크기별로 분급한 결과는 표1과 같다.

Table 1. Size of sawdust.

Speces	Size		
	20mesh +	20 ~ 40mesh	40mesh pass
Pitch pine	31%	53%	16%
False acasia	20%	30%	50%
Japanese alder	41%	37%	22%
Tulip tree	64%	26%	10%
Zelkova tree	14%	29%	57%
Chestnut tree	41%	41%	18%
Japanese larch	26%	40%	34%

시판의 목질펠릿은 Canada Pinnacle Pellet Inc.에서 제조되어 유통되고 있는 Pinnacle Fir Pellet을 그대로 이용하였다.

2.2 고밀화연료 제조

8메쉬 표준체를 통과한 기건 상태의 톱밥을 피스톤 타입의 펠릿제조기(그림1)를 이용하여, 소정의 온도와 압력 및 압축시간을 적용하여 펠릿을 제조하였다.

또한 그림2와 같은 사료 제조용의 링-다이 프레스(Ring-die press, CPP20 Pelletmill, Chia Tung Co.)를 이용하여 잣나무 톱밥으로부터 펠릿을 제조하였다.

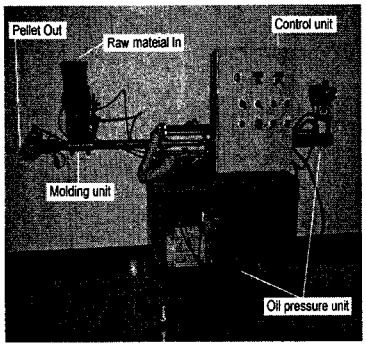

Fig. 1. A piston type pelletizer.

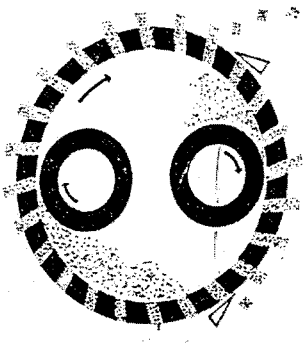

Fig. 2. Ring die press.

2.3 열량분석

전건시료 1g을 열량계(Parr Instrument Co.의 1341 Oxygen Bomb Calorimeter)에 넣고 산소를 충전하고 점화하여 연소전후의 온도 변화로부터 전건열량(HHV, higher heating value)을 계산하였으며, 동일 시료에 대하여 3회 반복 실험하였다.

2.4 원소 분석

전건시료 1.5 mg을 원소분석기(CE Instruments의 EA1110)를 이용하여 C, H, N, O원소를 정량하였다. O 함량은 100%에서 C, H, N 함량을 제하여 구하였으며, 같은 시료에 대해 3번 측정하여 그 평균으로 나타냈다.

2.5 미세분 측정

제조된 펠릿연료 시료 10개를 8메쉬 표준망체에 넣고 진탕기를 이용하여 30분 동안 미세분을 발생시켰다. 5분 간격으로 미세분의 발생량을 측정하여, 전체 투입량에 대한 백분율로 나타냈다.

3. 결과 및 고찰

3.1 각종 펠릿의 원소 조성 및 발열량

각 수종별로 제조된 고밀화 펠릿은 그림3과 같으며, 표2-3과 같이 비중, 미세분 발생량, 구성원소, 발열량을 측정하여 물성을 비교하였다.

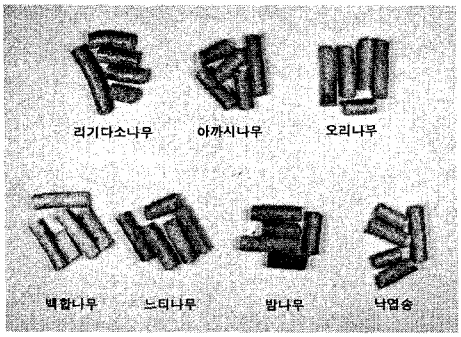

Fig. 3. Appearance of wood pellet.

Table 3. Properties of wood pellets.

Species	MC(%)	ODD(g/㎤)	F(%)
Pitch pine	7.3	1.23	0.95
False acasia	6.4	1.19	0.44
Japanese alder	6.9	1.13	0.48
Tulip tree	7.5	1.16	0.15
Zelkova tree	5.7	1.13	0.52
Chestnut tree	7.1	1.19	0.46
Japanese larch	7.4	1.21	0.41

본 실험을 통하여 제조된 펠릿의 밀도는 1.13 ~ 1.23g/㎤이었다. 밀도 값을 고려할 때 고밀화 특성은 리기다소나무가 가장 우수한 것으로 나타났다. 보관 및 운송 특성과 관련된 미세분은 백합나무가 가장 적게 나타났다. 일반적으로 침엽수재의 미세분율이 활엽수재보다 적은 것으로 알려지고 있지만, 본 연구에서는 리기다소나무가 미세분 발생량이 높았고, 백합나무는 상대적으로 낮은 값을 나타냈다. 리기다소나무를 제외하고는 본 연구에서 목표치로 잡고 있는 미세분 발생량 0.5%의 값에 대체로 근사한 결과를 얻을 수 있었다. 한편 톱밥 크기 분포에 따른 비중 및 미세분 발생량의 관계는 명확하지 않았다.

제조된 펠릿의 전건열량은 17.65~19.77 MJ/kg의 범위에 있으며, 일반적인 목재의 전건열량과 다름없었다. C, H, N, O 원소의 조성이 각각 48.91~50.95, 6.07~6.59, 0.13~0.32, 42.32~45.48 으로 비슷하게 나타났다.

Table 3. Elemental composition and higher heating value of pellets.

Species	Elemental analysis				HHV (MJ/kg)
	C(%)	H(%)	N(%)	O*(%)	
Pitch pine	50.95	6.60	0.14	42.32	19.77
False acasia	49.61	6.20	0.32	43.88	17.65
Japanese alder	48.92	6.33	0.16	44.59	19.09
Tulip tree	47.98	6.35	0.19	45.48	18.65
Zelkova tree	48.92	6.13	0.26	44.70	18.87
Chestnut tree	49.97	6.07	0.15	43.81	19.05
Japanese larch	47.80	5.96	3.12	43.12	18.30

* Calculated by difference.

3.2 링-다이 프레스로 제조한 펠릿의 특성

그림2와 같은 사료 제조용의 링-다이 프레스(CPP20 Pelletmill, Chia Tung Co.)를 이용하여 잣나무 톱밥으로부터 펠릿을 제조하였으며 그 모습은 그림4와 같다. 표4에서 보는 바와 같이, 잣나무톱밥으로 제조된 펠릿은 시판의 펠릿보다는 다소 기건함수율은 높았지만, 비중이나 미세분은 만족할만한 결과를 나타냈다.

Fig 4. Pellets made by ring die press.

Table 4. Properties of Korean pine pellet manufactured by ring die press.

Species	ODD (g/㎤)	F(%)	MC (%)	HHV (MJ/kg)
Korean pine sawdust pellet	1.23	0.17	11.60	20.84
Canadian fir pellet	1.25	0.00	5.28	19.80

3.3 수종별 혼합비에 따른 펠릿의 특성

리기다소나무가 미세분 발생량이 많으므로, 이

를 개선하고자 리기다소나무와 타 수종을 혼합하여 목질펠릿을 제조하였으며 그 결과는 표5와 같다.

Table 5. Properties of mixed wood pellets.

Mixing ratio	ODD(g/㎤)	F(%)
PP4JL0	1.23	0.95
PP3JL1	1.21	0.89
PP2JL2	1.20	0.89
PP1JL3	1.22	0.63
PP0JL4	1.21	0.41
PP4FA0	1.23	0.95
PP3FA1	1.21	0.47
PP2FA2	1.22	0.47
PP1FA3	1.23	0.43
PP0FA4	1.19	0.44
PP4TT0	1.23	0.95
PP3TT1	1.21	0.87
PP2TT2	1.19	0.67
PP1TT3	1.15	0.54
PP0TT4	1.16	0.15
FA4TT0	1.19	0.44
FA3TT1	1.20	0.42
FA2TT2	1.19	0.33
FA1TT3	1.15	0.44
FA0TT4	1.16	0.15
JL4TT0	1.21	0.41
JL3TT1	1.15	0.44
JL2TT2	1.16	0.61
JL1TT3	1.20	0.57
JL0TT4	1.16	0.15
JL4FA0	1.21	0.41
JL3FA1	1.18	0.30
JL2FA2	1.21	0.47
JL1FA3	1.25	0.58
JL0FA4	1.19	0.44

PP : Pitch pine, JL : Japanese larch, FA : False acasia, TT : Tulip tree

리기다소나무와 낙엽송, 아까시나무, 백합나무를 혼합하여 제조한 결과, 세 수종 모두 리기다소나무에 첨가함으로써 미세분 발생량을 줄일 수 있었으나, 특히 아까시나무의 효과가 탁월하였다.

아까시나무와 백합나무, 낙엽송과 백합나무, 낙엽송과 아까시나무의 혼합에 대해서도 펠릿의 특성을 조사하였으나, 혼합에 따른 펠릿 특성의 변화가 거의 없었다.

후 기

본 연구는 국립산림과학원 일반과제(임산자원을 이용한 Bioenergy화 연구)로 수행되었습니다.

References

[1] Francis, H. E. and W. G. Lloyd, 1983. J. Coal Quality 2(2):21 [Cordero, T., F. Marquez, J. Rodriguez-Mirasol and J. J. Rodriguez, 2001, Predicting heating values of lignocellulosics and carbonaceous materials from proximate analysis, Fuel 80:1567-1571].

[2] Fung, P. Y. H., M. U. H. Kirschbaum, R. J. Raison and C. Stucley. 2002. The potential for bioenergy production from Australian forests, its contribution to national greenhouse targets and recent developments in conversion processes. Biomass and Bioenergy 22:223-236.

[3] Lehtikangas P. 2000. Storage effects on pelletised sawdust, logging residues and bark. Biomass and Bioenergy 19:287-293.

[4] Lehtikangas P. 2001. Quality properties of pelletised sawdust, logging residues and bark. Biomass and Bioenergy 20:351-360.

[5] Li, Y. and H. Liu. 2000. High-pressure binderless compaction of waste paper to form useful fuel. Fuel Processing Technology 67:11-21.

[6] Li, Y. and H. Liu. 2000. High-pressure densification of wood residues to form an upgraded fuel. Biomass and Bioenergy 19:177-186.

[7] Li. Y., H. Liu, O. Zhang. 2001. High-pressure compaction of municipal solid waste to form densified fuel. Fuel Processing Technology 74:81-91.

[8] 한규성, 최돈하. 2002. 포플러로부터 고밀화 연료의 제조. 임산에너지 21(3):59-65.

[9] 한규성, 여진기. 2003. 고밀화에 의한 현사시 톱밥의 고형연료화. 임산에너지 22(2):54-59.