

# 목질계 연소부산물 혼입 모르타르 물성 평가

## Properties of Mortar mixed with Lignocellulosic Combustion By-products

정영동<sup>1</sup> · 김민수<sup>2</sup> · 박원준<sup>3\*</sup>

Jeong, Young-Dong<sup>1</sup> · Kim, Min-Soo<sup>2</sup> · Park, Won-Jun<sup>3\*</sup>

**Abstract** : This paper experimentally examined the recycling of combustion by-products emitted from a combined heat and power plant using lignocellulosic biomass fuel. Physical and chemical analyzes were performed on Bio-SRF and three types of wood pellet combustion by-product samples (fly-ash, FA). As a result of the experiment, the compressive strength of mortar substituted with 5, 10, and 20% of FA compared to the cement weight was found to be excellent, and its recyclability was confirmed as a substitute for existing admixtures.

**키워드** : 열병합발전소, 목질계 연료, 연소부산물, 모르타르

**Keywords** : combined heat and power plant, lignocellulosic fuel, combustion by-product, mortar

### 1. 서론

2019년 기준 신재생에너지 발전량(500만MWh) 가운데, 목재펠릿과 Bio-SRF 기반 바이오에너지 발전량은 약 7,000GWh에 해당한다. 신재생에너지 발전량 증가추세에 따라 연료전환(석탄 대체)을 포함한 바이오매스 발전량의 증대는 필연적으로 연소부산물(폐기물관리법상 연소잔재물)의 배출을 수반한다. 기존의 석탄 화력발전소 배출 플라이애시와 바텀애시의 재활용을 위한 다수의 연구와 달리 목질계 연소부산물에 대한 검토는 미비하다. 국내 목재펠릿 소비량(600만톤)을 고려할 때, 펠릿 연소율을 95%로 가정한다면 연간 30만톤 이상에 해당한다. 이에 본 논문에서는 목질계 연소부산물의 재활용성을 검토하기 위한 실험적 연구로서, 강원도 내 바이오매스 발전소 배출 플라이애시(이하, FA) 3종에 대하여 화학분석과 모르타르 혼입에 따른 기초 물성을 평가하였다.

### 2. 평가개요 및 결과

#### 2.1 화학조성 및 중금속 검토

연소잔재물은 폐기물관리법 시행규칙(별표4의 3)에 준한 R-4(원료 또는 제품제조 유형) 및 R-7(토양 등에 직접 재활용 유형)에 대한 접근이 필요하다. 강원권 소재 바이오매스 발전소 3사(D, M, Y)에서 배출하는 FA의 주요 화학조성 및 중금속 함량은 각각 XRF와 ICP-OES를 통하여 검토되었고 그 결과를 표 1에 정리한다. SiO<sub>2</sub>와 CaO함량이 높은 편이고, 중금속 함량은 재활용기준을 충족한다.

표 1. 주요 화학조성 및 중금속(mg/kg) 함량

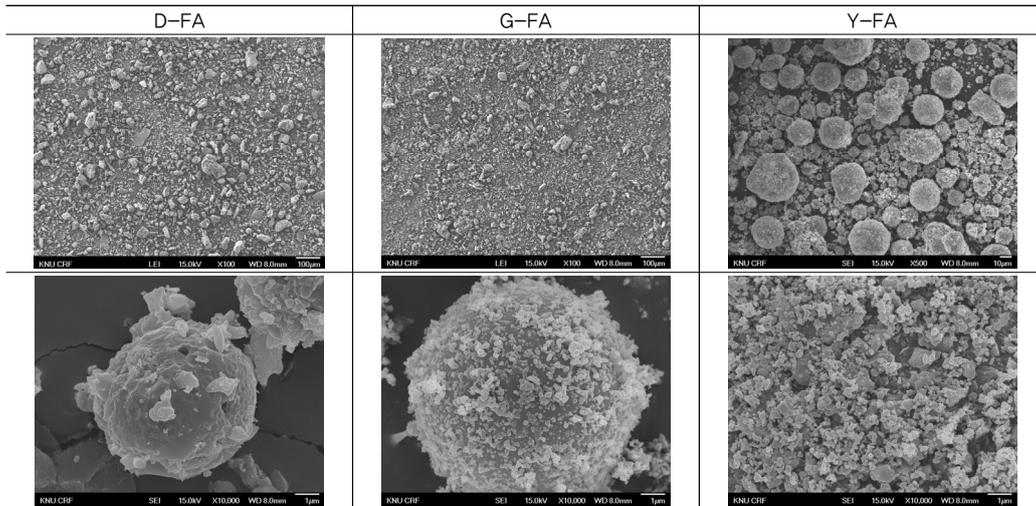
구분	주요 화학조성 (w%)								중금속 (mg/kg)						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
D-FA	24.25	11.10	4.70	18.12	3.43	7.37	15.14	4.56	31.45	36.71	96.55	386.13	40.07	449.22	2394.87
G-FA	5.44	1.66	1.21	43.29	6.49	13.71	1.86	16.94	57.56	5.19	55.33	546.61	20.76	49.63	2069.60
Y-FA	26.05	7.88	5.66	28.34	3.60	6.90	2.40	12.26	186.91	-	137.08	156.18	44.69	106.86	464.91

#### 2.2 물리적 특성 평가

D-FA는 Bio-SRF 기반 연소부산물이고, G-FA와 Y-FA는 목재펠릿 기반 연소부산물이다. 3종의 FA 밀도는 2.32~2.59 g/cm<sup>3</sup> 범위로 측정되었고, SEM을 통한 입자형태 분석 결과는 표 2와 같다.

1) 강원대학교, 대학원 건축시스템공학전공, 석사과정  
2) 강원대학교, 대학원 도시재생융합전공, 박사과정  
3) 강원대학교, 건축학전공, 교수, 교신저자(wjpark@kagnwon.ac.kr)

표 2. 입자형태 (상: 100배율, 하: 10,000배율)



### 2.3 모르타르 물성평가

모르타르 평가에서 FA 3종은 결합재 치환(5~20%)으로 구분하여 수행하였다. 모르타르 혼입을 고려한 배합과 플로우 및 압축강도 측정결과를 표 3과 같이 정리한다. 3종의 FA는 28일 강도 기준으로 치환율에 따라 강도저감이 나타났다. 하지만, 펠릿기반 연소부산물(G-FA, Y-FA)5% 치환의 경우 46MPa 이상 강도발현이 확인되었고, 10% 치환 시 5% 이내의 강도저감이 확인되었다. 20% 치환시 5~27%의 강도저감이 확인되었으나, 강도 측면이 아닌 모르타르(콘크리트 확대) 적정 용도(비구조, 비내구성 시멘트 제품)로의 활용을 고려한다면, 치환율 5~20% 범위 내에서, 배합을 조정하여 다양한 대체재로 사용할 가능성이 매우 높음을 확인할 수 있다.

표 3. 모르타르 배합 및 물성결과

샘플명	치환율 (%)	배합표(g)				Flow (mm)	압축강도 (MPa)	
		W	C	FA	Sand		7일	28일
D-FA	5	225	427.5	22.5	1350	154.09	29.89	34.72
	10		405	45		195.27	22.68	27.59
G-FA	5	225	427.5	22.5	1350	215.86	33.65	46.83
	10		405	45		191.56	29.41	40.30
	20		360	90		100.00	24.26	33.73
Y-FA	5	225	427.5	22.5	1350	220.33	41.20	46.34
	10		405	45		214.73	37.80	46.63
	20		360	90		209.78	31.54	41.06

### 3. 결론

본 논문에서는 목질계 바이오매스 발전소 연소부산물 3종(FA)의 건설재료 재활용성 검토를 위해 치환율 5~20% 범위에서 모르타르 물성을 평가하였다. 치환율에 따라 다양한 강도발현을 확인하였다.

### 감사의 글

본 논문은 2023년 강원녹색환경지원센터 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다. (No. 23-3-50-54-18-2)

### 참고문헌

1. 김민수 외 1명. 열병합 발전소용 임목부산물 회분의 시멘트원료 활용성. 건설순환자원학회 학술발표 논문집. 2021. p.193-194.