
聲明

本檔案之內容僅供下載者自我學習或推廣化學教育之非營利目的使用。並請於使用時註明出處。例如「本頁取材自○○○教授演講內容」



中央研究院
Academia Sinica

High Throughput to Make Biochar in Molten Salt for Climate Change Mitigation (在熔鹽中高速製作生物炭用於減緩氣候變遷)

羅芬臺 博士/研究員
化學所/中央研究院

2017中國化學會年會
嘉義大學 (12/01 - 12/02)

FTL



加州聖羅莎市(Santa Rosa, California)遭大火侵襲後2017年10月11日的空拍照。美聯社



加州聖羅莎市(Santa Rosa, California)遭大火侵襲後2017年10月13日的空拍照。美聯社

美國森林野火及乾旱



全球暖化



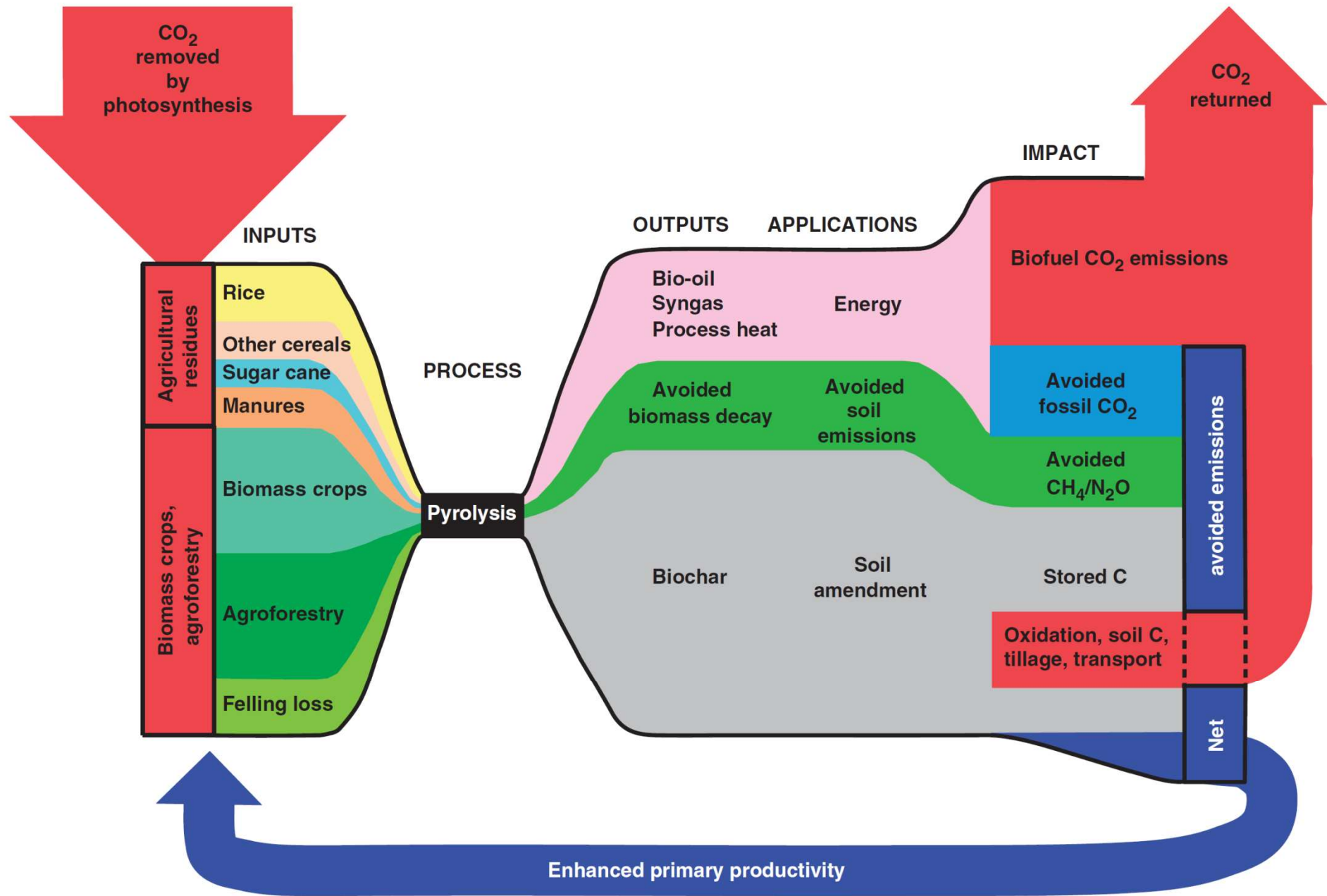
氣候變遷



二氧化碳的濃度升高



今年秋天最熱！打破台灣70年紀錄。中國時報



D. Woolf, et al. "Sustainable biochar to mitigate global climate change", *Nature Communications*, 2010.



生物資源

FTL

- (1) 農業廢棄物 [台灣的稻草、稻穀、豆殼、果皮、木屑、菇、花生殼、菱角殼，食物損失(food loss)等 → 九百萬公噸/年]
- (2) 漂流木(2009年莫拉克中度颱風 → 一百四十五萬公噸)
- (3) 廢木材(台灣進口木材三百萬公噸/年 → 七十萬公噸/年)
- (4) 修剪的街道樹(新加坡 → 二十五萬公噸/天)
- (5) 食物浪費(food waste) 與廚餘 → 台灣七千五百公噸/天
- (6) 外來入侵植物，銀合歡(台灣有五千公頃 → 一百萬公噸/年)
- (7) 竹子(台灣有二十萬公頃 → 五十萬公噸/年)
- (8) 美國加利福尼亞州的死樹 → 2016年6月有六千六百萬棵死樹或三千九百六十萬公噸的死樹



Carbon-Negative Biochar or BECCS

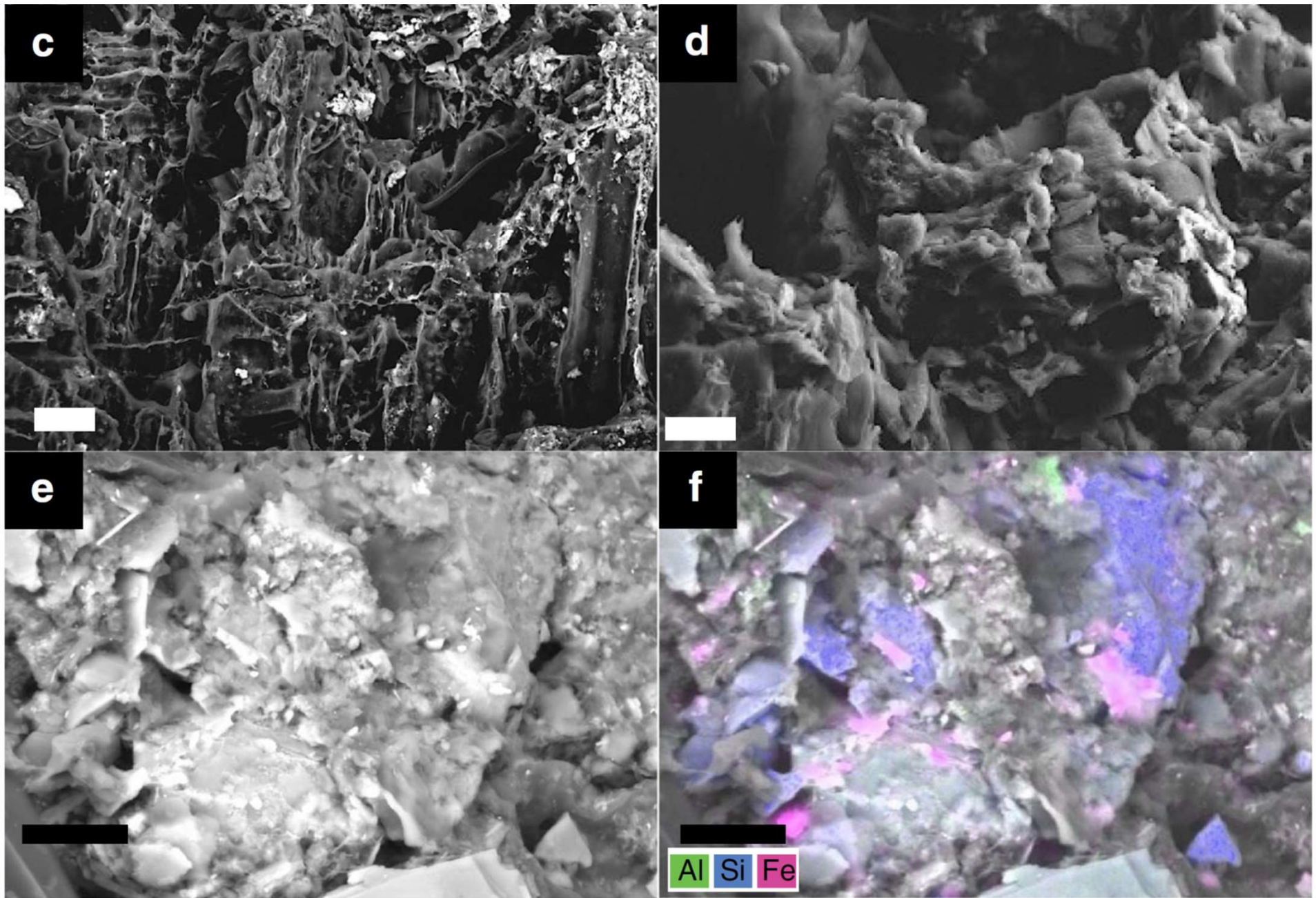
– to reverse climate change by burying biochar



general soil

Terra preta

Terra preta soils (Portuguese for “black earth”, a type of very dark, fertile anthropogenic soil found in the Amazon Basin) are of pre-Columbian nature and were created by humans between 450 BC and AD 950.



SEM & EDX of organic coating on biochar explains its nutrient retention and stimulation of soil fertility, *Nature Communication* **2017** Oct 20; 8(1):1089, doi: 10.1038/s41467-017-01123-0.

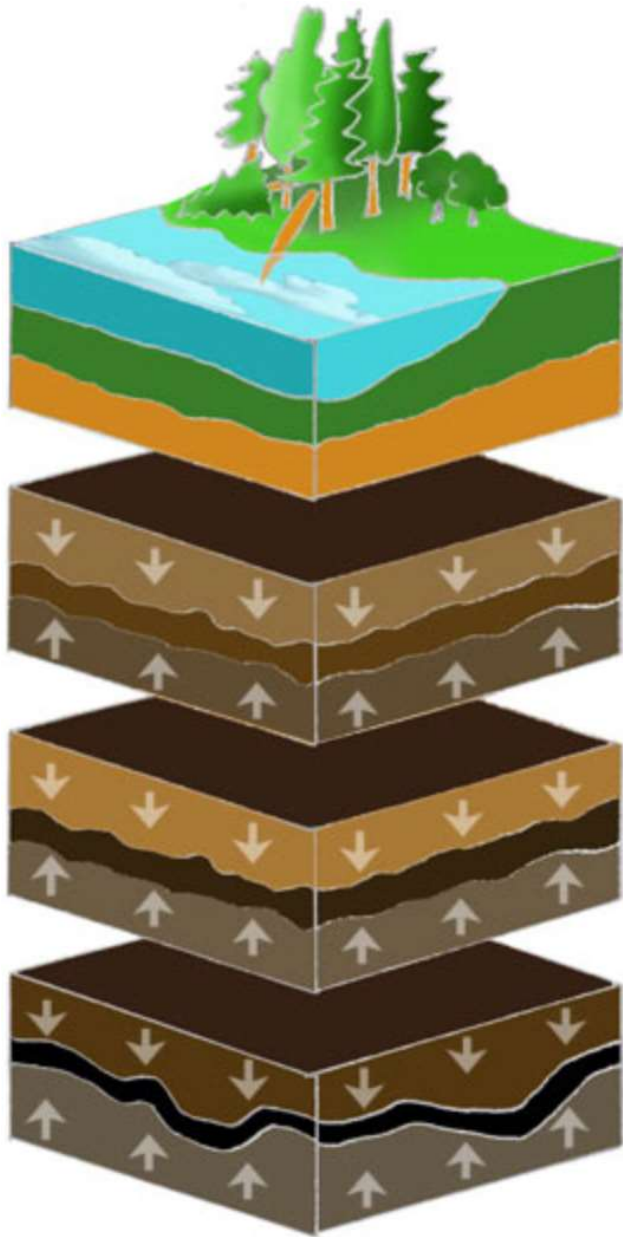
The New York Times | <http://nyti.ms/1OzgJIU>

The Opinion Pages | OP-ED CONTRIBUTOR

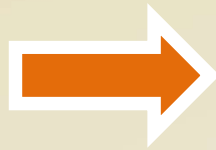
A 'Third Way' to Fight Climate Change

By TIM FLANNERY JULY 23, 2015

.....One biological approach involves converting plant matter into biochar, a process that yields valuable chemicals and fuels at the same time that much of the carbon content is stabilized for storage. At present, less than 1,000 tons of biochar is produced globally each year, so the industry would need to grow massively to make a meaningful contribution.



天然煤需時1-3 億年



FTL

傳統製作生物煤
600-900 °C, 2-14 天



“超級烘焙”生物煤(300 °C, 10 分鐘) ·
生物炭(450 °C, 1 分鐘)



蒸汽浴
(70-100°C)

温泉
(低溫35-38°C; 高溫39-45°C)

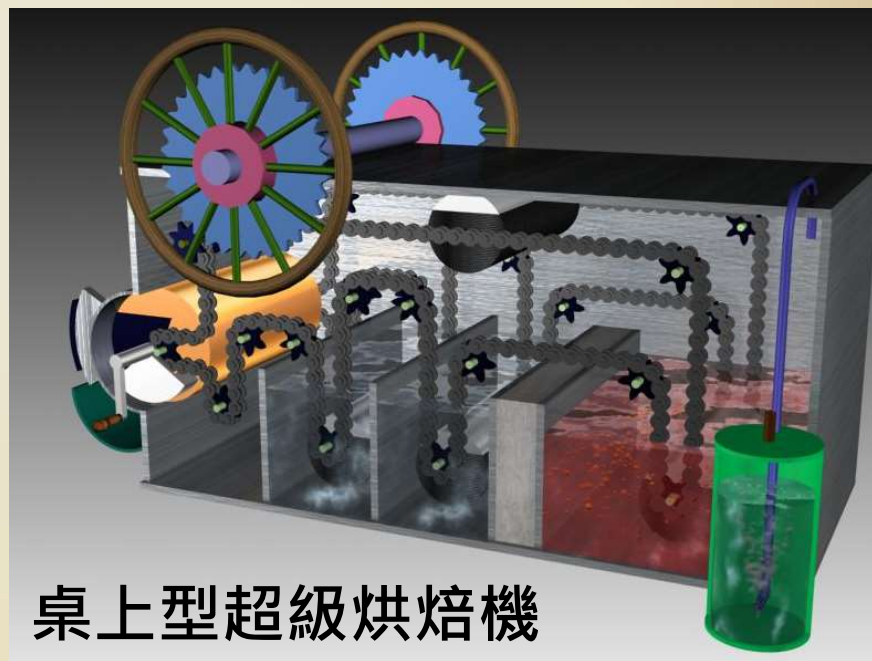




以超級烘焙來生產生物煤及合成氣 FTL

將植物浸泡於300 °C醋酸熔鹽(NaOAc/KOAc)10分鐘可得:

- 生物煤或環保煤 — 可替代天然煤 (零碳或碳中和燃料)
- 合成氣: 含 CO, CH₄, H₂ — 可作燃料或發電



桌上型超級烘焙機

Patent issued (TW, CN, CAN, RUS, USA, EU)

醋酸熔鹽來作植物烘焙的優點:

無毒、熔點低、水溶性高、無可燃性、安全性高，無黑煙及焦油。



2012 10 19



在熔鹽中將生物質作成碳材(生物碳) FTL

植物	300 °C 10 分鐘	生物煤(環保煤) — 替代天然煤 (零碳或碳中和的燃料)
	450 °C 1 分鐘	生物炭 — 作土壤改良劑 (負碳)，可提高農業產量和可修復被重金屬污染的土壤
	STR/CFO 1 分鐘	活性碳 — 作空氣和水的淨化，廢水處理，黃金提取，催化劑的載體。 比表面積可達 2088.5 m ² /g (by 浸漬/400 °C from PKS)

Recent Biochar Samples

Sample*	C (%)	H (%)	N (%)	S (%)	H:C molar ratio
0503-L	82.0931	1.9882	1.4300	0	0.2886
0504-3-L	74.0441	2.5148	2.2743	0	0.4047
0504-5-L	78.9688	2.6415	0.7674	0	0.3986
0505-L	67.9444	2.8683	2.8918	0	0.5030
0506-L	66.3114	3.0976	2.3417	0	0.5566
0509-C-L	73.9270	2.7035	2.1942	0	0.4358
0509-O-L	78.0676	2.2948	0.4339	0	0.3503
0511-1.5-L	76.3806	2.0364	2.4758	0	0.3177
0511-2-L	76.4168	2.0834	2.1978	0	0.3249
0518-W1	74.5148	2.0358	2.9790	0	0.3256
0518-W2	69.4269	2.9828	2.3385	0	0.5120
0518-W3	75.0025	2.3508	2.5371	0	0.3735
0518-W4	80.2622	2.1953	1.4769	0	0.3259
0518-W5	76.4236	2.3510	2.2455	0	0.3666
0519-W6	74.7998	2.2168	2.533	0	0.3532
0519-W7	77.5332	1.6619	2.3364	0	0.2554
0519-W8	77.6164	2.0322	2.4131	0	0.3120
0520-W9	74.6176	2.2125	2.389	0	0.3533
0520-W10	76.3706	2.3899	2.6249	0	0.3729
0520-W11	76.4269	2.416	2.5151	0	0.3767
0520-W12	75.6998	2.3032	2.6279	0	0.3626
0520-W13	73.9917	2.5437	2.6507	0	0.4097
0523-4-L	68.1766	3.4788	2.1159	0	0.6080
0523-5-L	73.0583	2.7333	2.0960	0	0.4458
0524-L	71.5074	2.8005	2.0913	0	0.4667
0525-L	82.9760	1.4331	1.6643	0	0.2058

* Produced at 450 °C for 1 min.



炭渣與焦油氧化爐

FTL

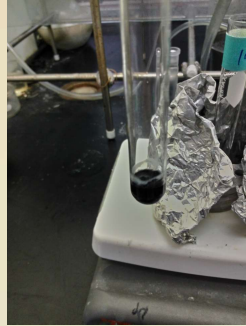




活性碳在炭渣氧化爐(CFO)內的反應模擬

at 0 min

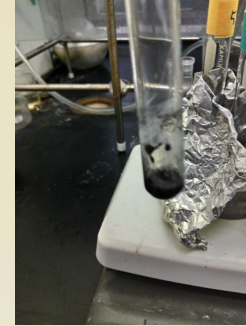
5% catalyst



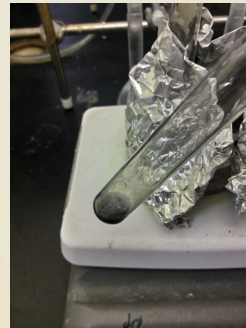
10% catalyst



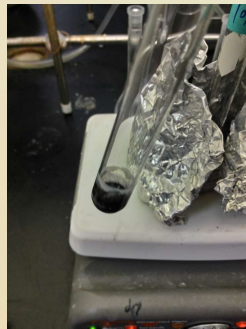
20% catalyst



at 30 min



at 45 min



★ CFO: Charcoal Fines Oxidizer

FTL



炭渣與焦油氧化爐

FTL



加入炭渣後



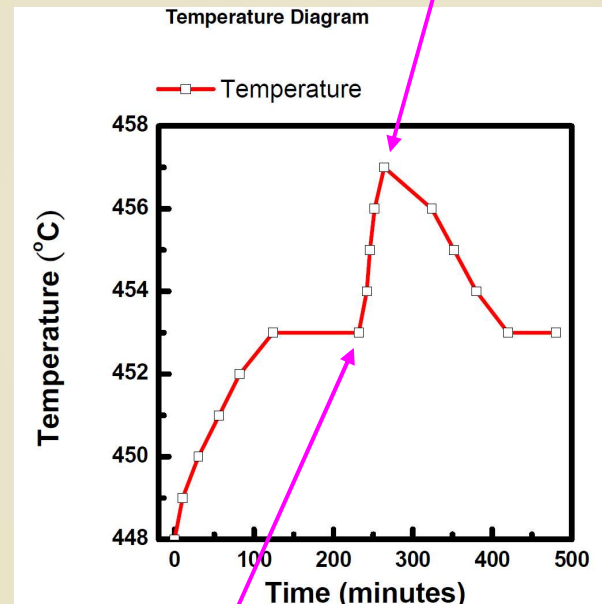
炭渣氧化後



炭渣氧化爐內的熱交換

FTL

最終溫度為 457 °C



起始溫度為 453 °C

- 0.1 kg 的炭渣可使炭渣氧化爐內的熔鹽上升4 °C
- 加入 100 kg 的炭渣可使炭渣氧化爐內的熔鹽上升4,000 °C





先導型(中試)工廠

FTL



已取得專利: 臺灣、美國、俄國、加拿大、中國大陸、印度、法國、德國



生物質在熔鹽中快速生產碳材及發電

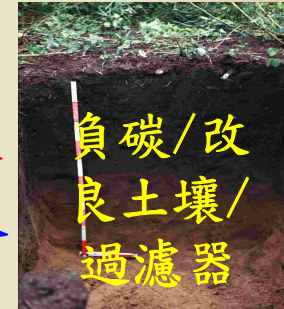


→
超級烘焙 1 min



生物炭/
活性炭

→
水洗及回收水



負碳/改
良土壤/
過濾器



生物炭
粉末

→
在熔鹽中燃燒



炭渣氧化爐

→
發電



sCO₂ 發電機

解決 → 能源短缺、環境汙染、氣候變遷、食品及水資源



Acknowledgments

NSC/MoST

IoC/AS

Dr. Cuihua Xue (Hitachi, Irvine, USA)

Mr. Hung-Kun Lo (ETH Zürich, Swiss)

Ms. Ya-Chu Hu (Univ. of Manchester, UK)

Mr. Hsien-Fu Tseng (USA)

Mr. Chris Yu (Taiwan)

Ms. Yolanda Wang

Ms. Ciby Lee



中央研究院
Academia Sinica

謝謝聆聽
歡迎指教

FTL