

2024 年 1 月 31 日日本愛知縣 JERA 火力發電廠爆炸事故



圖 1 日本愛知縣 JERA 火力發電廠爆炸影像(資料來源：tbsnews¹)

一、 事由

日本愛知縣的 JERA 武豐火力發電廠於當地時間 2024 年 1 月 31 日下午 3 時 10 分發生爆炸，兩公里外的居民可明顯感受到爆炸所帶來的晃動。據電廠相關人員推測，起爆點在鍋爐設施旁的燃料暫存區，並造成燃料運輸帶的火勢延燒，大火約在 5 小時後被撲滅，隔天 2 月 1 日凌晨 2 時 40 分運輸帶附近再次發生火災，大約一個小時後火勢被撲滅，所幸並無延燒至隔壁的燃料倉庫。此次事故中無人傷亡，確切事故原因仍在調查中²。

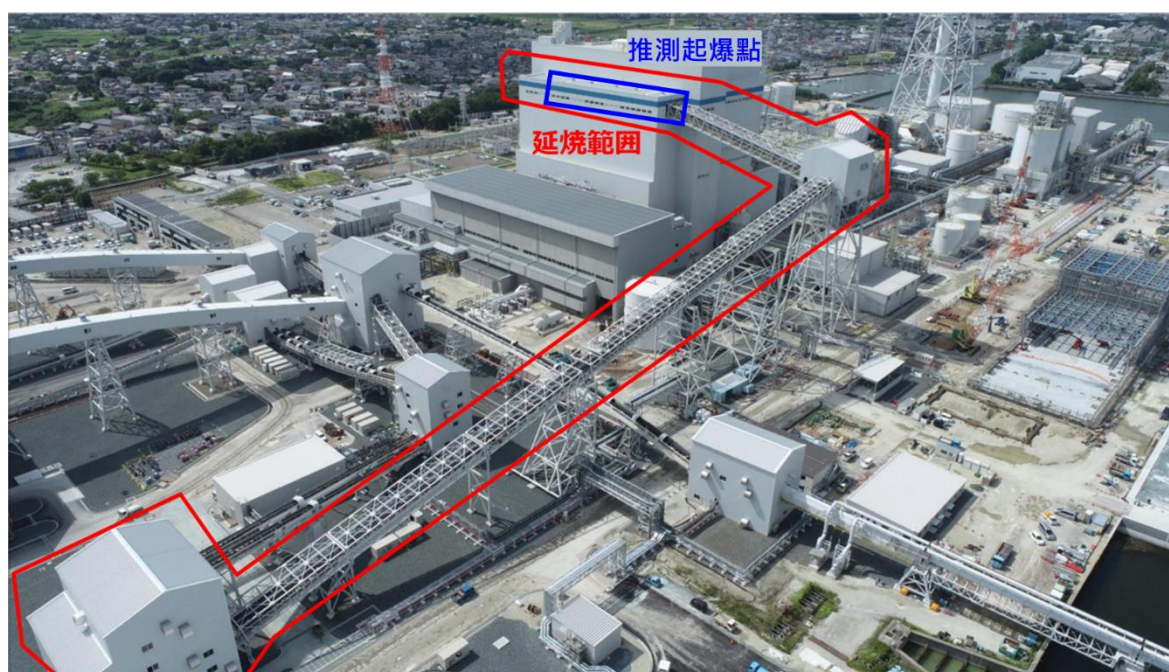


圖 2 JERA 武豐火力發電廠火災範圍 (資料來源：JERA³)



圖 3 火災範圍與燃料倉庫相對位置圖 (資料來源：google maps)

二、災害狀況

大火造成發電廠設施受損，所幸無人員傷亡，當地電力系統有其他電廠支援供應，用電情形亦不受影響。

三、初步原因分析

此次事件仍在調查中，確切事故原因尚未確定，JERA 目前推測之起爆點為粉碎前的木質顆粒暫存區(圖 4)⁴，並已組織事故調查小組進行調查，以避免此類事故再重複發生。而根據現況、製程危害特性與相關文獻之蒐集，初步對此次事故進行下開可能發生之原因分析：

- (一) 當地氣象資料顯示(量測點為愛知縣南知多，距事故地點約 10 公里)：當天的平均氣溫為 6.7℃，但木質顆粒暫存區位於鍋爐旁，無法確定該環境溫度條件，且當時發電機組持續運轉中，不排除在暫存區中因蓄熱導致自燃的可能性。
- (二) 或由圖 2 發現木質顆粒在進到鍋爐前會經過長距離的輸送，過程間木質顆粒可能因震動、滾動導致破碎產生粉塵，且此發電機組在木質顆粒進鍋爐前會再經過粉碎程序，若粉碎設備有設計不良或破裂發生，則有粉塵洩漏之可能。

故推測此次事故可能是因木屑粉塵洩漏所導致的粉塵爆炸，而可能的點火源，包括以下項目：

- 明火
- 靜電
- 電氣火花
- 高溫熱表面
- 輸送設備故障產生的機械火花。

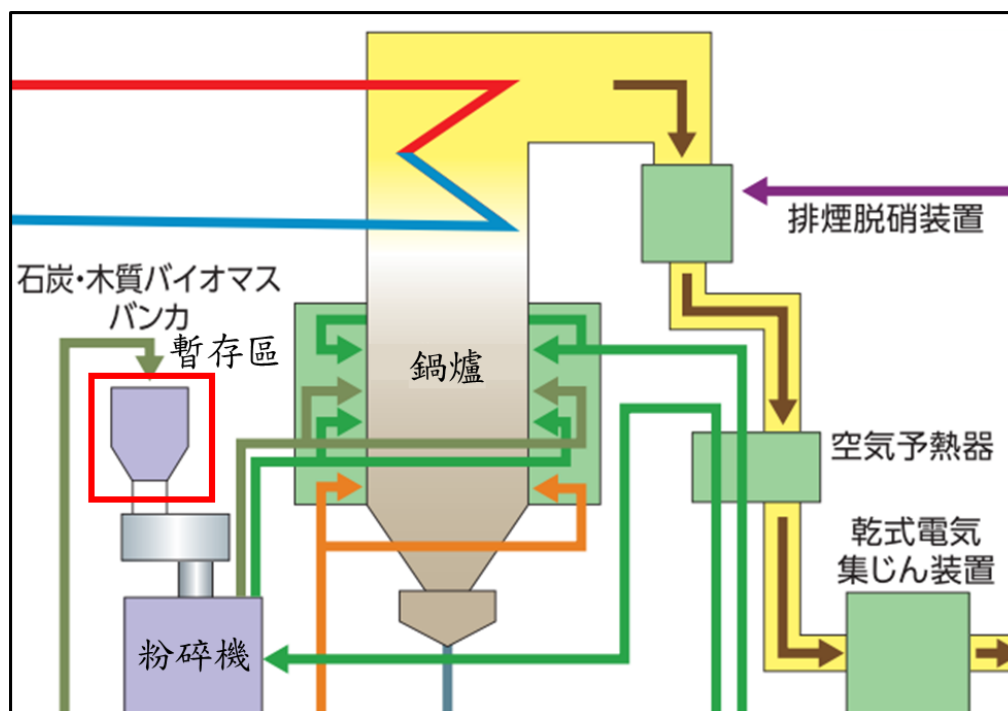


圖 4 JERA 武豐火力發電廠起爆點推測 (以 JERA 官網資料³繪製)

四、 預防對策

- (一) 為因應我國淨零碳排政策，未來電廠若陸續使用木質顆粒做為燃料，或與木質顆粒製造、運輸、儲存、使用的相關製程產業，建議應蒐集相關曾發生事故及辨識其危害特性，並組成小組執行製程安全評估，以避免相類似的事件發生。
- (二) 應以系統化調查方法，鑑認製程事故發生之根本原因，並據以改善既有製程或管理制度缺失，以避免再次發生類似或更嚴重之災害。
- (三) 應確保機械完整性，使其於建造、組裝、檢查及測試、維修保養等各階段，均能維持正常運轉，包含但不限於下列機械及設備：

1. 壓力容器與儲槽。

- 2.管線(包括管線組件如法蘭、閥、軟管、膨脹接頭、及保溫/保冷等設施)。
 - 3.釋放及排放系統。
 - 4.緊急停車系統。
 - 5.控制系統(包括監測設備、感應器、警報及連鎖系統等)。
 - 6.泵浦(包括其他轉動設備，如製程用送風/鼓風機、螺旋輸送機、空壓機、攪拌機、冷凍機等)
- (四) 對於易燃粉狀固體輸送、篩分等之設備，或其他有因靜電引起爆炸、火災之虞之化學設備或其附屬設備，應採取接地、使用除電劑、加濕、使用不致成為發火源之虞之除電裝置或其他去除靜電之裝置。
- (五) 對於易引起火災及爆炸危險之場所，應依下列規定：
- 1.不得設置有火花、電弧或用高溫成為發火源之虞之機械、器具或設備等。
 - 2.標示嚴禁煙火及禁止無關人員進入，並規定勞工不得使用明火。
 - 3.使用之動力堆高機應安裝滅焰器及廢氣冷卻裝置。
- (六) 對於作業場所有易燃液體之蒸氣、可燃性氣體或爆燃性粉塵以外之可燃性粉塵滯留，而有爆炸、火災之虞者，應依危險特性採取通風、換氣、除塵等措施外，並使用之電氣機械、器具或設備，應具有適合於其設置場所危險區域劃分使用之防爆性能構造。
- (七) 具防爆性能構造之移動式或攜帶式電氣機械、器具、設備，應於每次使用前檢查外部結構狀況、連接之移動電線情況及防爆結構與移動電線連接狀態等；遇有損壞，應即修復。
- (八) 針對燃料接收、儲存、輸送機運輸、鍋爐燃料供應等系統設備進行定期檢查並文件化管理，並確認下列事項：
- 1.檢查可能成為火源或洩漏源的機械設備是否有異常，如馬達減速機、暫存倉等。
 - 2.除塵器過濾器有無阻塞情形。
 - 3.環境中粉塵的清理管理狀況。
 - 4.燃料儲存時內部及外部的溫度、濕度等參數。

五、 補充資料說明

(一) JERA 武豐火力發電廠簡介及過去事故紀錄

- 1.此次發生事故的武豐火力發電廠5號機於2022年8月正式啟用，發電量高達107萬千瓦，是日本最大的單體發電量電廠，可供給

240 萬個家庭使用。其發電技術為超超臨界(USC)發電，透過煤炭和木質生質能(木質顆粒)做為燃料，並在粉碎後投入鍋爐中燃燒，利用產生的蒸汽驅動渦輪機進而發電⁵。

2. 依據 JERA 資料，本次發生事故的武豐火力發電廠，曾分別於 2022/08、2022/09、2023/01 共發生過 3 起火災事故，且事故原因疑似皆為木質顆粒點燃造成，同時數據顯示日本發電廠自 2019 年起，至少發生 13 起與生質能相關的火災事故⁶。
3. 木質能源是透過燃燒由樹木製成的木質顆粒來進行的火力發電，屬於歐盟再生能源指令(RED II, Renewable Energy Directive)中的零碳排再生能源。而國際上與木質顆粒製造、運輸、儲存、使用的相關製程事故時有耳聞，自 2014 年以來，美國 15 家最大的木質顆粒工廠中，至少有 8 家發生過火災或爆炸事故⁷，而木質顆粒相關的事故原因，通常為自燃與粉塵爆炸兩種類型。

(二) 我國電廠使用木質顆粒現況

台灣電力公司為配合國家淨零碳排政策，宣布於高雄興達電廠 1 號機在除役後，將改造成生質能示範機組，預計於 2026 年 1 月啟用，其使用燃料即為木質顆粒，若試行順利，台電將擴及林口、台中、興達、大林等 4 大燃煤電廠的除役機組⁸。

(三) 木質顆粒之危害特性

1. 自燃：木材自燃溫度約在 250~300°C，然而木質顆粒是一種容易發生分解的物質，在長時間的儲放下會進行自然的發酵，並在分解後產生一氧化碳(CO)、氫氣(H₂)、甲烷(CH₄)等具可燃性的氣體⁹，同時分解產生的熱量亦可能導致蓄熱自燃，研究顯示木質顆粒在 105°C 環境下儲放 37 小時即會產生自燃的結果¹⁰。
2. 粉塵爆炸：木質顆粒是藉由木材粉碎後造粒而製成，故容易在運輸或製程期間產生細小的粉塵。若粉塵管理不當，則可能發生粉塵爆炸。粉塵的粒徑與其分佈是影響爆炸是否會發生的主要因素之一。對於木屑粉塵而言，當平均粒徑小於 630 μm 時即具有爆炸的可能性¹¹，而木屑粉塵雲的引燃溫度約在 450°C，最小引燃能量(MIE)則為 17 mJ，粉塵層的引燃溫度為 215~225°C^{8,12}，而粉塵雲爆炸下限濃度通常在 20~30 g/m³ 左右¹¹。於美國化學品安全委員會(Cheical Safety Board, CSB)針對粉塵爆炸與產業關聯性的調查中，可發現木材相關產業發生粉塵爆炸的次數是所有統計產業中的第二高(圖 5)¹³，顯示因木屑粉塵而導致的爆炸危害需要受到更完善的分析與管理，以避免類似的事件一再發生。

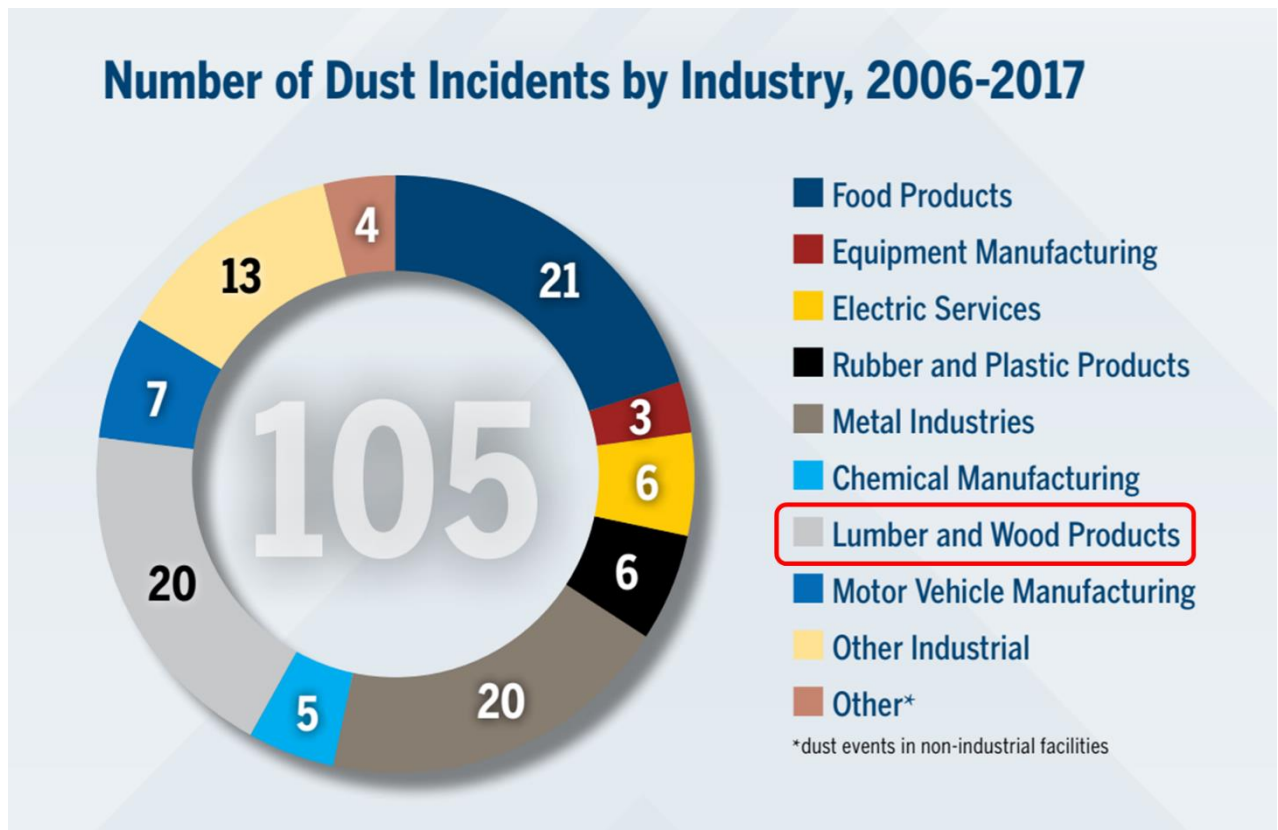


圖 5 CSB 2006-2017 年粉塵爆炸事故統計圖 (資料來源：CSB¹³)

六、 資料來源

1. <https://newsdig.tbs.co.jp/articles/-/982698?display=1&mwplay=1>
2. <https://www.fnn.jp/articles/-/651287>
3. https://www.jera.co.jp/news/information/20240131_1808
4. <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20240201/k10014343091000.html>
5. <https://www.jera.co.jp/corporate/business/thermal-power/list/taketoyo>
6. <https://www.fnn.jp/articles/-/651664>
7. <https://www.environmentalintegrity.org/wp-content/uploads/2017/02/Biomass-Report.pdf>
8. <https://www.chinatimes.com/newspapers/20221006000407-260110?chdtv>
9. <https://open.library.ubc.ca/soa/cIRcle/collections/ubctheses/24/items/1.0073583>
10. https://www.researchgate.net/publication/266389772_An_experimental_study_of_spontaneous_ignition_in_storages_of_wood_pellets
11. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582022009491?fbclid=IwAR1r2FlQj3HYtV6WhKMpKYWKvyxK08BSI5yPm2JQROL4STe5nedbgisAP0>
12. <https://shawresources.ca/wp-content/uploads/2016/10/Bulk-Pellets.pdf>
13. https://www.csb.gov/assets/1/6/csb_dust_incidents.pdf