

# 臺灣二〇〇三年國際科學展覽會

科 別：地球與太空科學科

作品名稱：間歇泉的研究

學 校：國立臺南第一高級中學

作 者：陳家宏

## 作者簡介



我是陳家宏，就讀於國立台南一中，國中時期由於曾經參加台南市科展，上了高中後，經由學校提供的機會，使我能夠再次接觸科展，並且透過實驗的操作及師長的從旁指導，讓我深刻地體驗出科學的奧秘與樂趣，同時也要感謝在這期間熱心協助我的師長和同學。

I am 陳家宏 , studying in National Tainan First Senior High. I once joined in the Tainan City's Science Fair when I was in junior high. Luckily, I could get access to it again through the chance school offered after I attended senior high. Thus, I am able to deeply feel the amazement and fun of science I also sincerely thank my teachers and classmates who ever help me in the process of the experiment.

# 間歇泉的研究

## 摘要

間歇泉是一種十分奇特的地質景觀，地下水受到火成岩入侵所帶來的穩定熱源加熱，產生水蒸氣，利用水蒸氣形成的空氣柱壓力推動水由地底噴發出地表，也因為熱源穩定使得噴發時間差接近一定值，形成所謂的「週期性」。而根據實驗結果發現，管壁較薄的管子，在噴發之後，會使管中殘餘的水稍作降溫，加上補充的冷水使系統降溫；管長愈長時，蓄水槽中的水量較多，提高溫度所需的時間也較長，而延長了噴發的週期，最後歸納出間歇泉形成及存在的三個主要條件：(1)穩定的熱源；(2)細長的孔道；(3)豐沛的地下水。

## Abstract

The geyser is a very amazing sort of geologic scenery. Its principle is that the heat source of invasive volcanic rock heats the underground water to produce steam that results an air-columnar with a large pressure to erupt through the underground on the surface. Because of the steady supply of heat source, the period between eruptions is closed to a constant called "periodicity." According to the result of the experiments, the tube that have thin wall can lower the remaining water's temperature a little and the cold water's supply can also lower the plumbing system's temperature after eruption. Besides, the water in the longer tube needs more time to higher its temperature to protract the period because it have more water in its reservoir. Eventually, there are 3 essential conditions of the geysers' existence concluded: (1) steady supply of heat; (2) a thin and long standpipe; (3) abundant underground water.

## 壹、研究動機

在高一的地理課程中，曾提及間歇泉(geyser)這種世界上少有的特殊景觀，但課程中對其僅做大略之敘述，而間歇泉特有的週期性噴發現象，卻也引發了研究的興趣，故希望藉由模擬間歇泉的噴發為出發點，加以推測其成因，以及可能影響其噴發週期的原因。

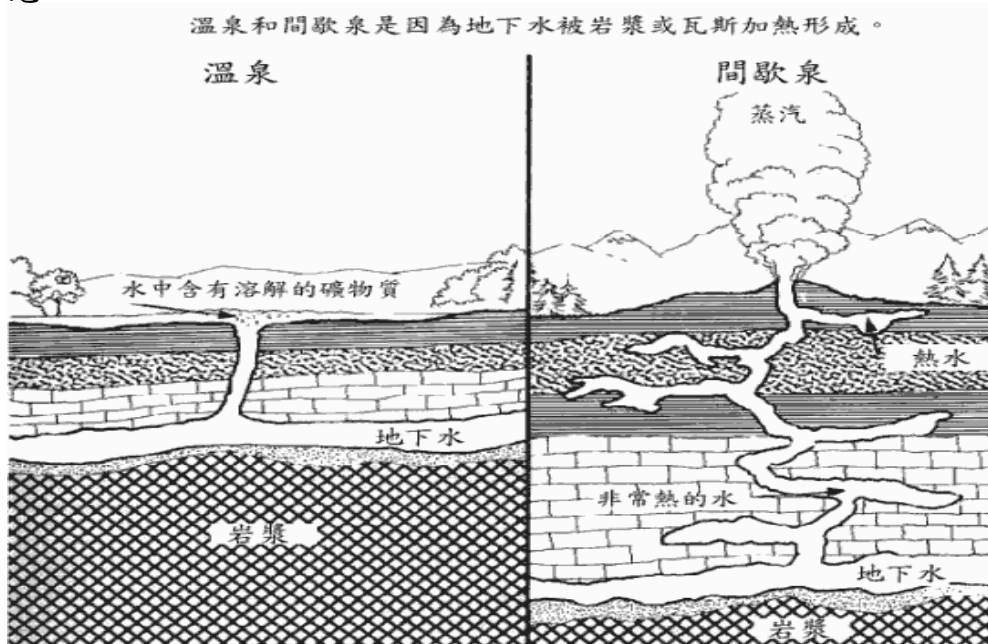
## 貳、研究目的

(一) 藉由製作間歇泉模型，模擬其噴發情形，以推測發生原因。

(二) 藉由改變管長及管徑，加以推測這兩種變因對噴發情況的影響。

### 參、研究方法及過程

在眾多的地質景觀中，間歇泉算是十分奇特的現象，它的週期性噴發也常引起人們的好奇。而根據資料顯示，在有間歇泉出現的地方，往往都是地



圖一  
溫泉及間歇泉

如冰島、紐西蘭及黃石國家公園，在這些地區的地底，常會有岩漿活動，其溫度高達  $1000^{\circ}\text{C}$ ，而在地層中的地下水，會受到這股穩定的熱源加熱上升溫度，產生水蒸氣，當蒸氣壓達到一定的強度時，便會推動地下水沿著岩層的裂縫向上流動，而這些裂縫的來源，大多是板塊活動(如地震及造山運動)所形成的。水蒸氣流入裂縫中時，會形成空氣柱，繼續將地下水向上推擠直至地表，成了我們肉眼所能看到的間歇泉部分。而噴發結束之後，裂縫中的壓力變小，致使周圍透水層中的地下水過來補充，這些溫度較低的水，從補充至沸騰噴發所需的時間，每次並無太大之差異，故形成週期性。

(一)實驗一：探討玻璃球對噴發週期的影響

取球喉玻璃管及玻璃直管各一支，放入實驗裝置中給予穩定的熱源加熱，並記錄其噴發之週期。

(二)實驗二：探討玻璃管管長對噴發週期的影響

取五支球喉玻璃管，管徑皆為 0.6cm，其管長分別為 40cm、55cm、70cm、85cm、100cm，且分別標示為 A、B、C、D、E，分別放入實驗裝置中給予穩定的熱源加熱，並記錄其噴發週期。

(三)實驗三：探討玻璃管管徑對噴發週期的影響

取三支球喉玻璃管，其管長皆為 70cm，而管徑分別為 0.6cm、0.8cm、1.0cm，且分別標示為 C、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>，分別放入實驗裝置中給予穩定的熱源加熱，並記錄其噴發週期。

## 肆、討論及應用

(一)共同現象：當水溫到達約 50°C 時，始產生細小氣泡；約 60°C 時，有明顯的氣泡連續上升；約 70°C 時，出現與管徑大小相同的氣泡及短空氣柱，且水位有顯著的上升，但並無噴發現象，直至約 90°C 時，始發生第一次噴發，且各實驗中之玻璃管，出現的上述情形大略一致。

(二)實驗一：探討玻璃球對噴發週期的影響

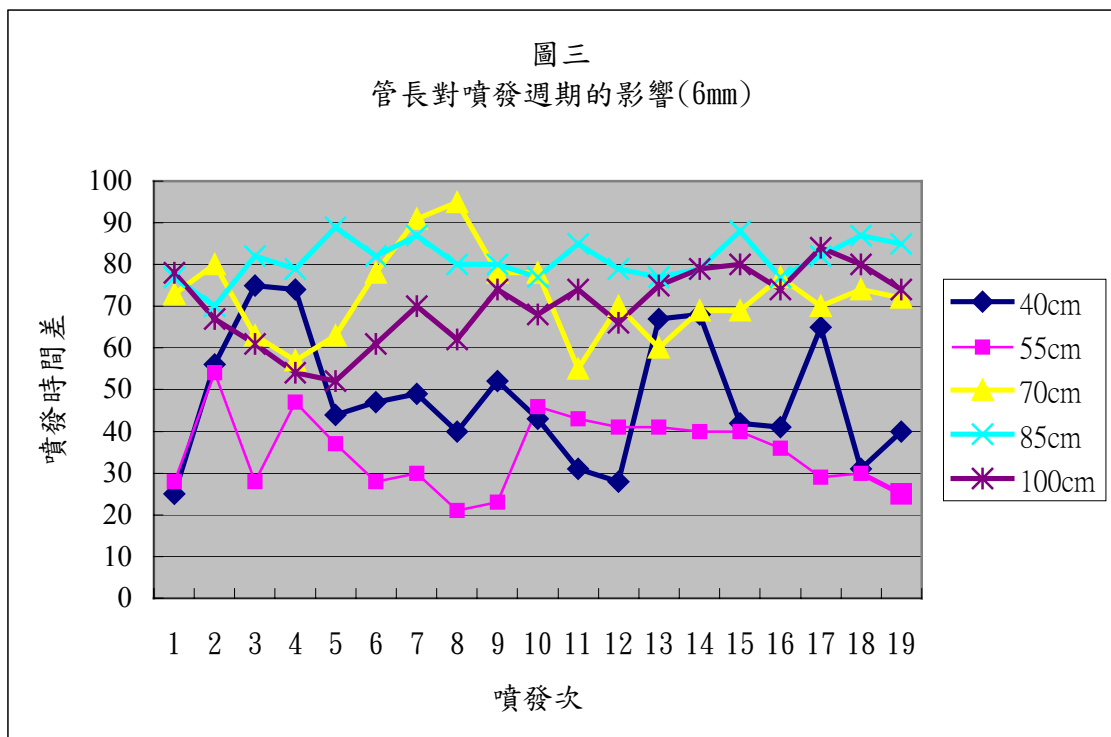
1. 由此實驗之結果顯示，球喉玻璃管之噴發週期較玻璃直管為穩定。
2. 由結果推測，存在於間歇泉管道中的蓄水槽，能使水至此時做短時間的停留，同時也累積較多的水，使得必須有更長的空氣柱，才能推動水向上噴發，而使週期較為穩定。

(三)實驗二：探討玻璃管管長對噴發週期的影響

1. 由此實驗之結果顯示，管長較長的管子噴發週期較長，管長較短的噴發週期較短，結果如圖三。
2. 噴發的過程中，在橡皮塞的底部和玻璃管相接的地方，會先有大量的氣泡聚集，直到空氣柱的壓力大過管中的水壓時，氣泡便沿管向上移動，並在玻璃

管中形成空氣柱，將玻璃管中的水向上推擠噴發，噴發之後管中水量減少，量筒的水流入補充，水位會稍微的下降，並接收熱源準備作下一次的噴發。

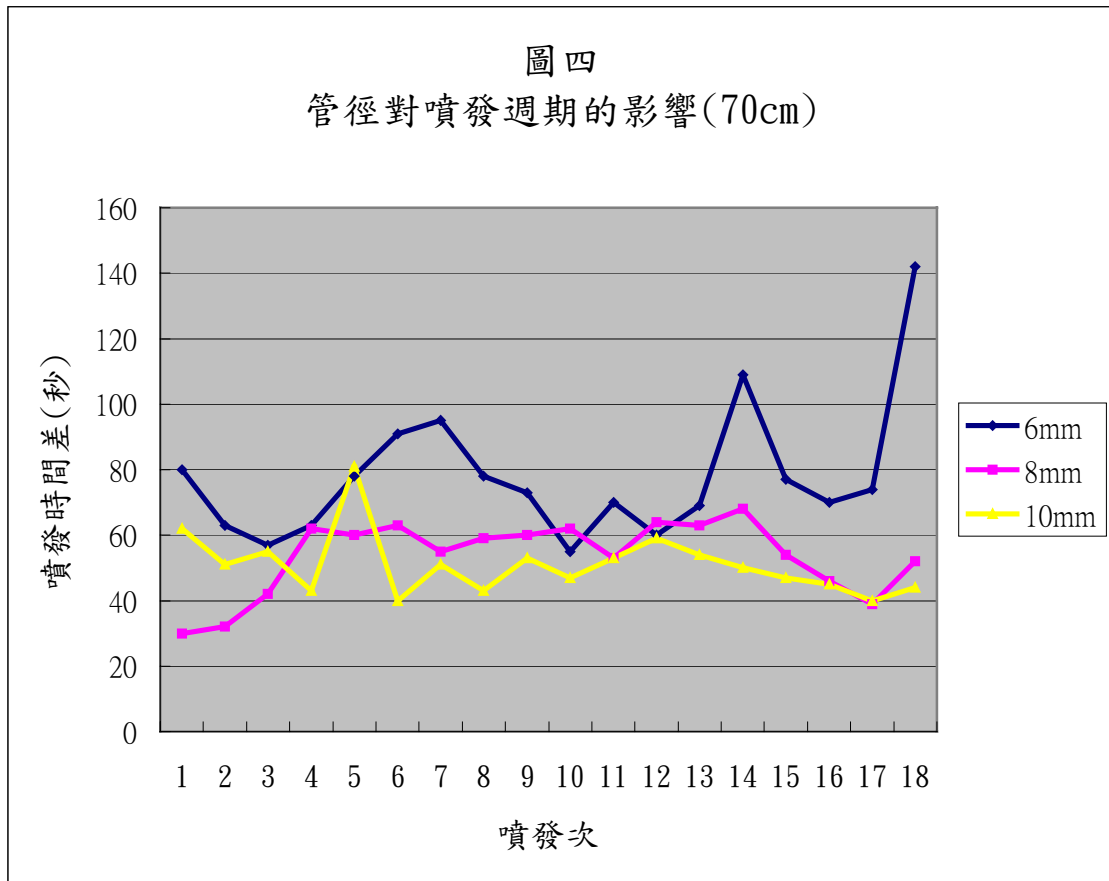
3. 水源的補充方面，透過量筒的刻度，能方便測得每次噴發的水量(即量筒補充的水量)，並在每次噴發之後，加入室溫的水，使量筒內的水位保持一定。而此實驗中，每支玻璃管噴發的水量皆不盡相同，但以E管最多，其次依序為D、C、B，A管的噴發水量最少。



#### (四)實驗三：探討玻璃管管徑對噴發週期的影響

1. 由此實驗之結果顯示，C管的噴發週期最長，C<sub>1</sub>管居次，而C<sub>2</sub>管週期最短，顯示出管徑愈小，則週期愈長，結果如圖四。
2. 故據實驗結果推測，造成管徑愈小，週期愈大的原因，可能是由於C<sub>2</sub>管的管壁較厚，使管中的水不容易在噴發之後，因為錐形瓶的降溫而稍微冷卻，而是仍然保持在與原本噴發時相差不遠的溫度，因而在噴發之後，依然能夠在短時間之內產生氣泡，將水往上擠壓；相較之下，C管的管壁較薄，在噴發之後，會使管中殘餘的水稍作降溫，加上錐形瓶中有從量筒補充的冷水，使系統降溫，而延長了噴發的週期。
3. 但就實驗的可信度而言，因為安全性的問題，無法在一般情形下操作管長

70 公分，但管徑小於 0.6 公分的玻璃管，而管徑大於 1.2 公分的玻璃管，效果並不顯著，故此實驗中只設計了三種不同管徑的玻璃管，而可能使誤差變大，所以相較於〈實驗二〉的五種管子，〈實驗三〉的可信度相對就略低了些，但仍有些可取之處如上 2.，且在真實的間歇泉中，應不會有這類的問題產生，故結果便不如前實驗的可取。



## 伍、結論

1. 間歇泉的形成，主要是受到底部穩定的熱源供熱，產生水蒸氣堆成空氣柱將地下水順著細長的管道推擠至地表，而噴發之後所留下的空間，再由周圍的冷水補充，以此週而復始，而管道中所存在的蓄水槽，扮演著穩定噴發週期的角色，當水流經此處時，會做短暫的停留，使水量多於只有細管道的情形，而讓能推動它的空氣柱變的更長，不輕易地因為些許氣泡致使噴發，故可穩定週期。

2. 玻璃管的管長愈長時，管中的水量較多，對於相同的熱源而言，提高溫度所需的時間也較長，自然就延長了噴發的週期。而噴發的水量也有些關聯：當噴發的水量愈多，因而在噴發之後，獲得的補充水量也就多，使溫度能降的低一些，而延長噴發的週期。
3. 管徑愈大的管子，其管壁較厚，使管中的水不容易在噴發之後，因為錐形瓶的降溫而稍微冷卻，而是仍然保持在與原本噴發時相差不遠的溫度，因而在噴發之後，依然能夠在短時間之內產生氣泡，將水往上擠壓；相較之下，管壁較薄的管子，在噴發之後，會使管中殘餘的水稍作降溫，加上錐形瓶中有從量筒補充的冷水，使系統降溫，而延長了噴發的週期。
4. 在間歇泉噴發的過程中，會先噴出被空氣柱推擠出來的水，隨後空氣柱噴發至地表時，接觸地表的冷空氣後，冷卻凝結成我們所見的煙霧(小水滴)，故間歇泉的噴發情形是”先噴水，後噴氣”。
5. 地殼下的火成岩溫度可高達 1000°C，使地球成為一個巨大的熱能貯存庫，正如實驗中連續加熱器的功能，除非在間歇泉區出現水源短缺，而使地下水乾涸的情形，否則間歇泉應該是個不會消失的裝置。
6. 間歇泉形成的主要條件有下列數項：(1)穩定的熱源；(2)細長的孔道；(3)豐沛的地下水。而孔道的長度及寬度也會影響間歇泉的週期，使得在不同的環境條件下，我們所見的間歇泉雖然原理大同小異，但噴發的情形卻也不盡相同，週期大多也不一樣。

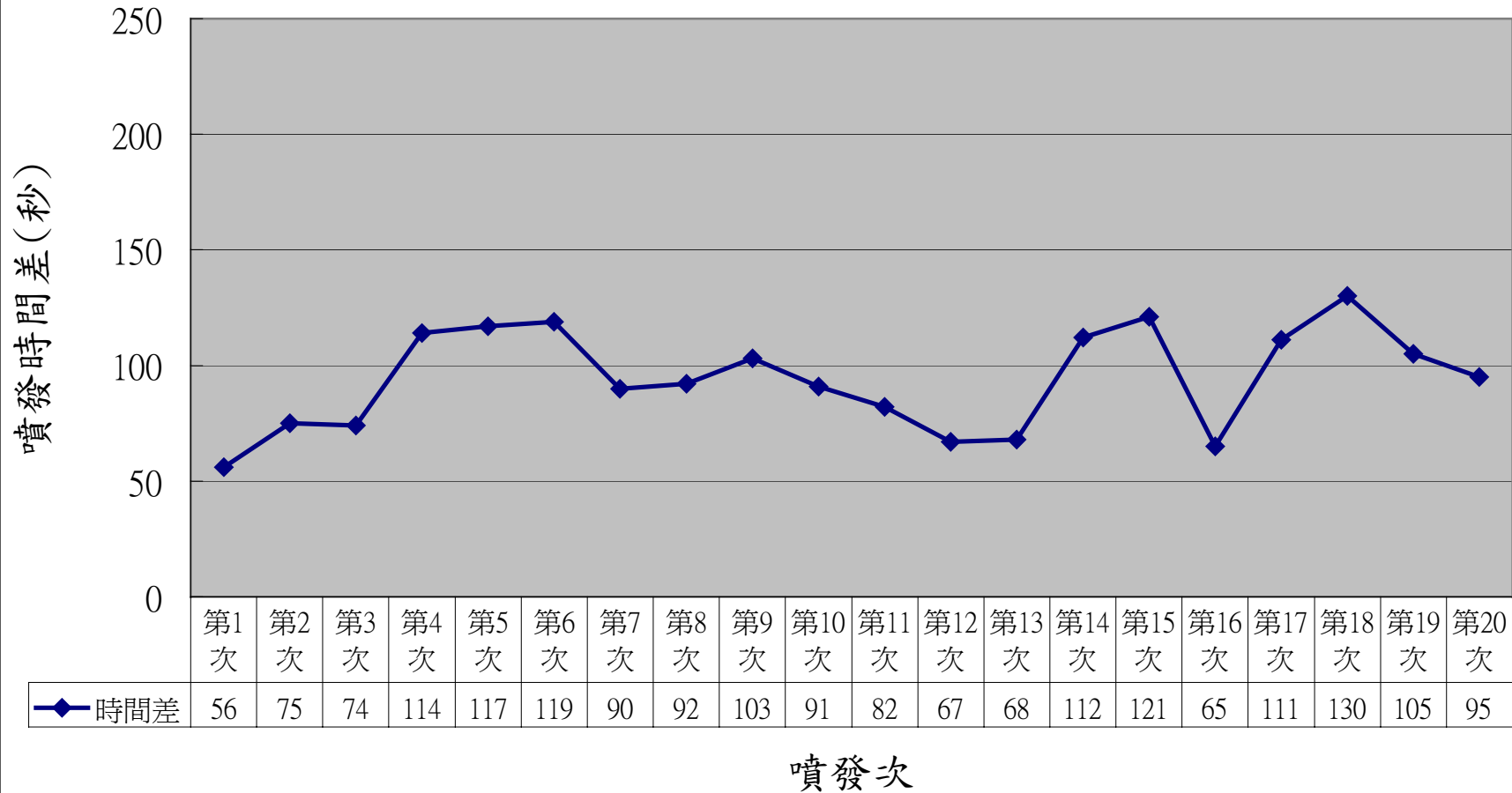
## 陸、參考文獻

1. Streepey, M., Geysers and the Earth's Plumbing Systems, GS662 12  
December 1996, University Of Michigan,  
<http://www.umich.edu/~gs265/geysers.html>
2. White, D.E., Whistle, a nearly dormant geyser in Upper Geyser Basin,  
National Yellowstone Park, Wyoming
3. 李延青、徐瑞鐘，密閉式二相熱虹吸管之間歇沸騰現象，力學雜誌第 7

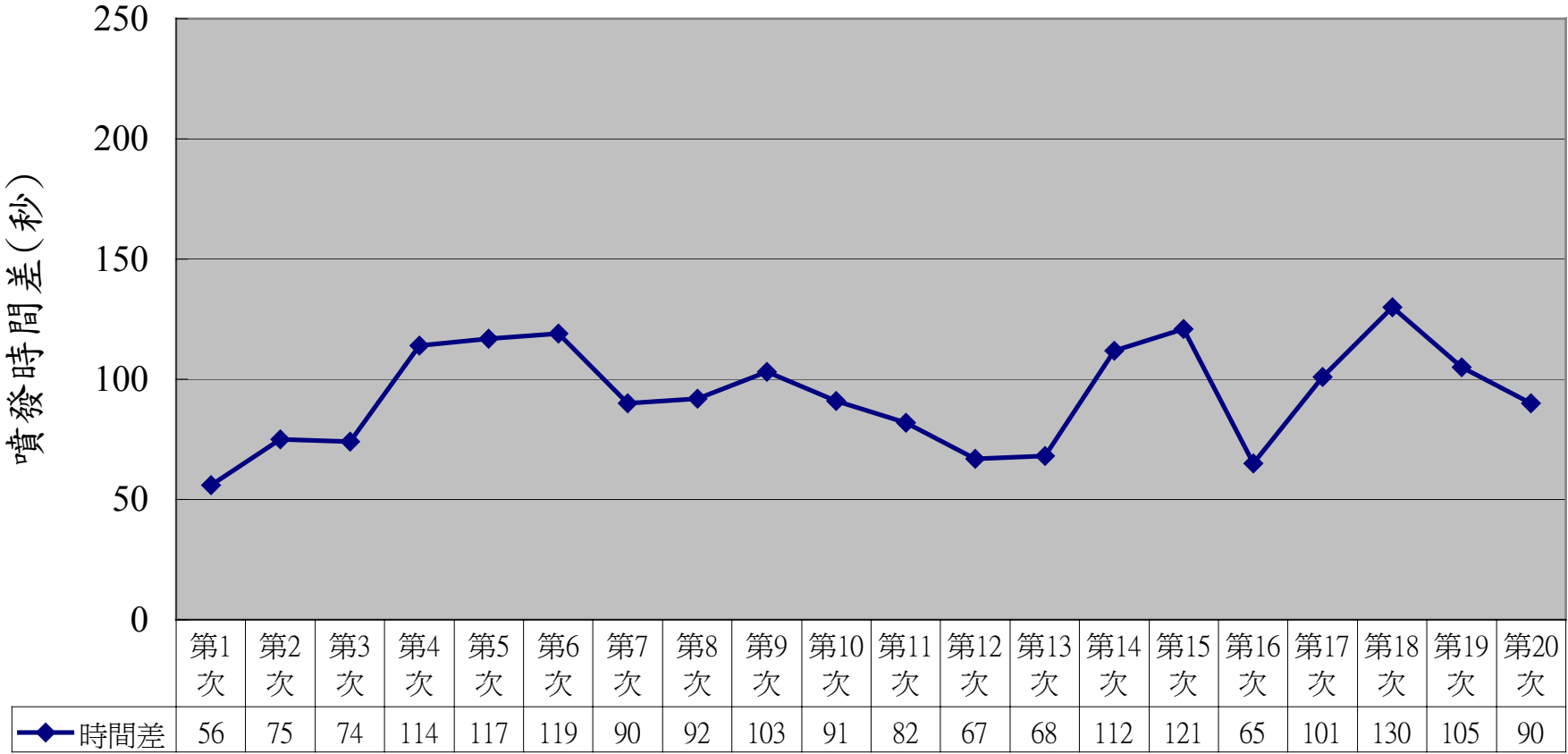
卷第 4 期，頁 264~270，工業技術研究院能源與資源研究所

4. 黃石國家公園官方網站, <http://www.yellowstone.net/geysers/>

管徑:6mm 管長:70cm

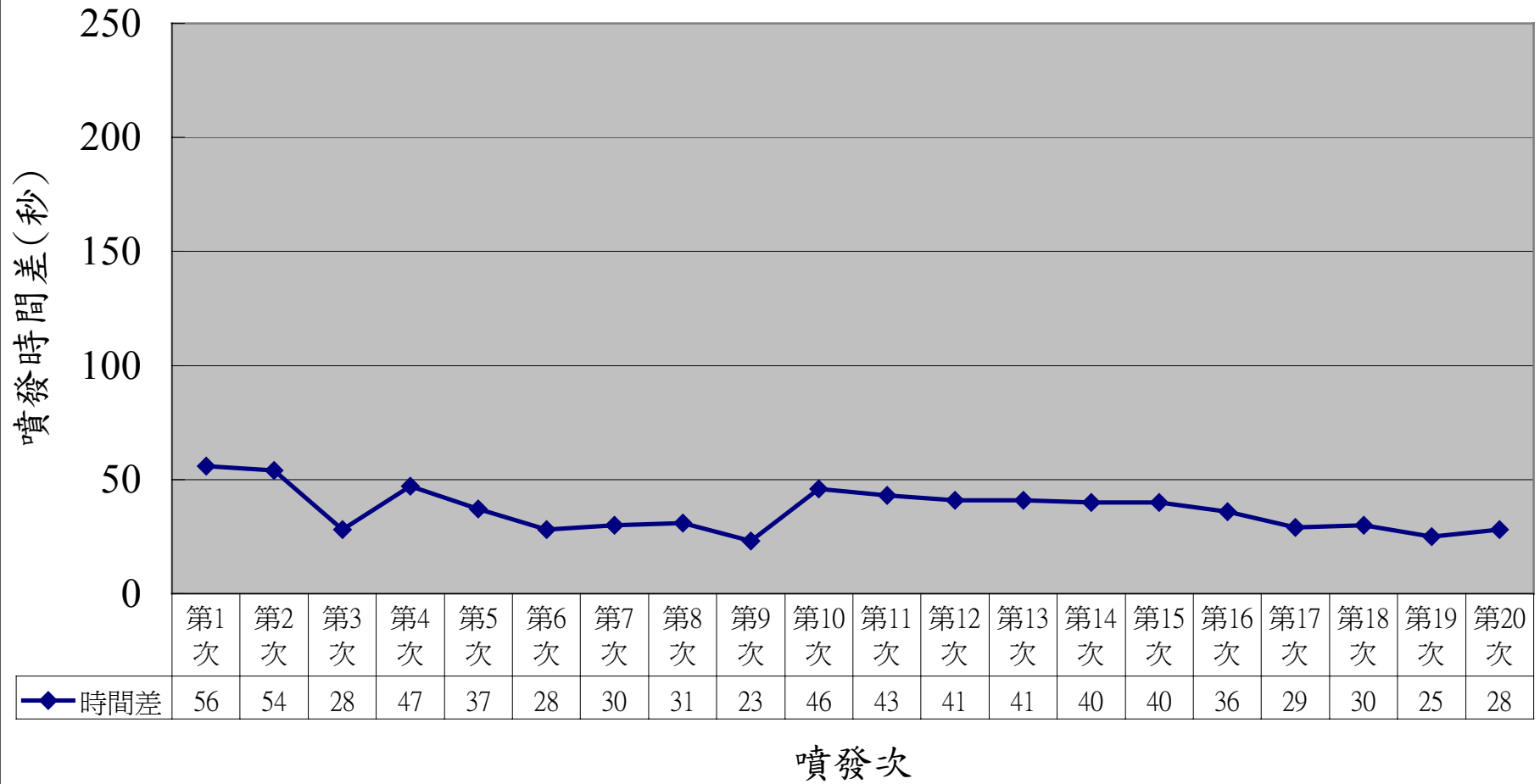


管徑:6mm 管長:40cm

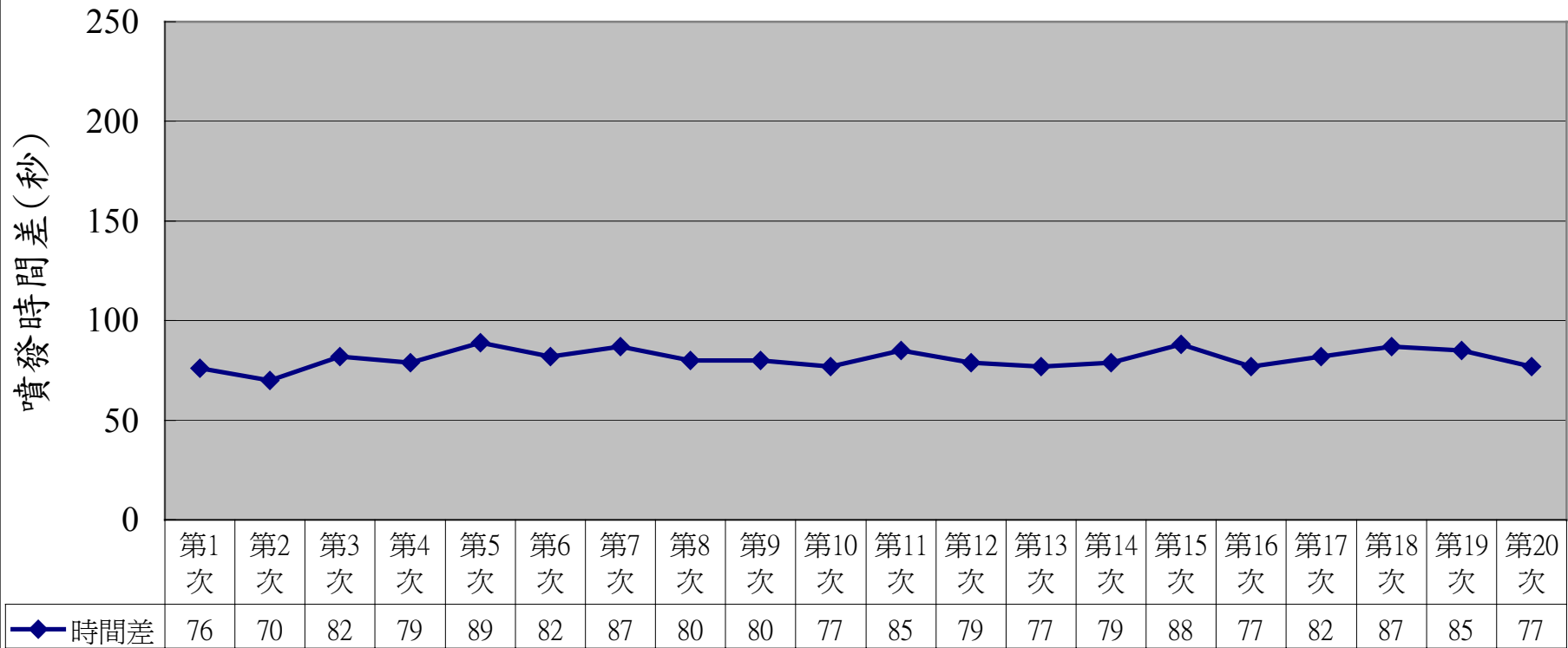


噴發次

管徑:6mm 管長:55cm

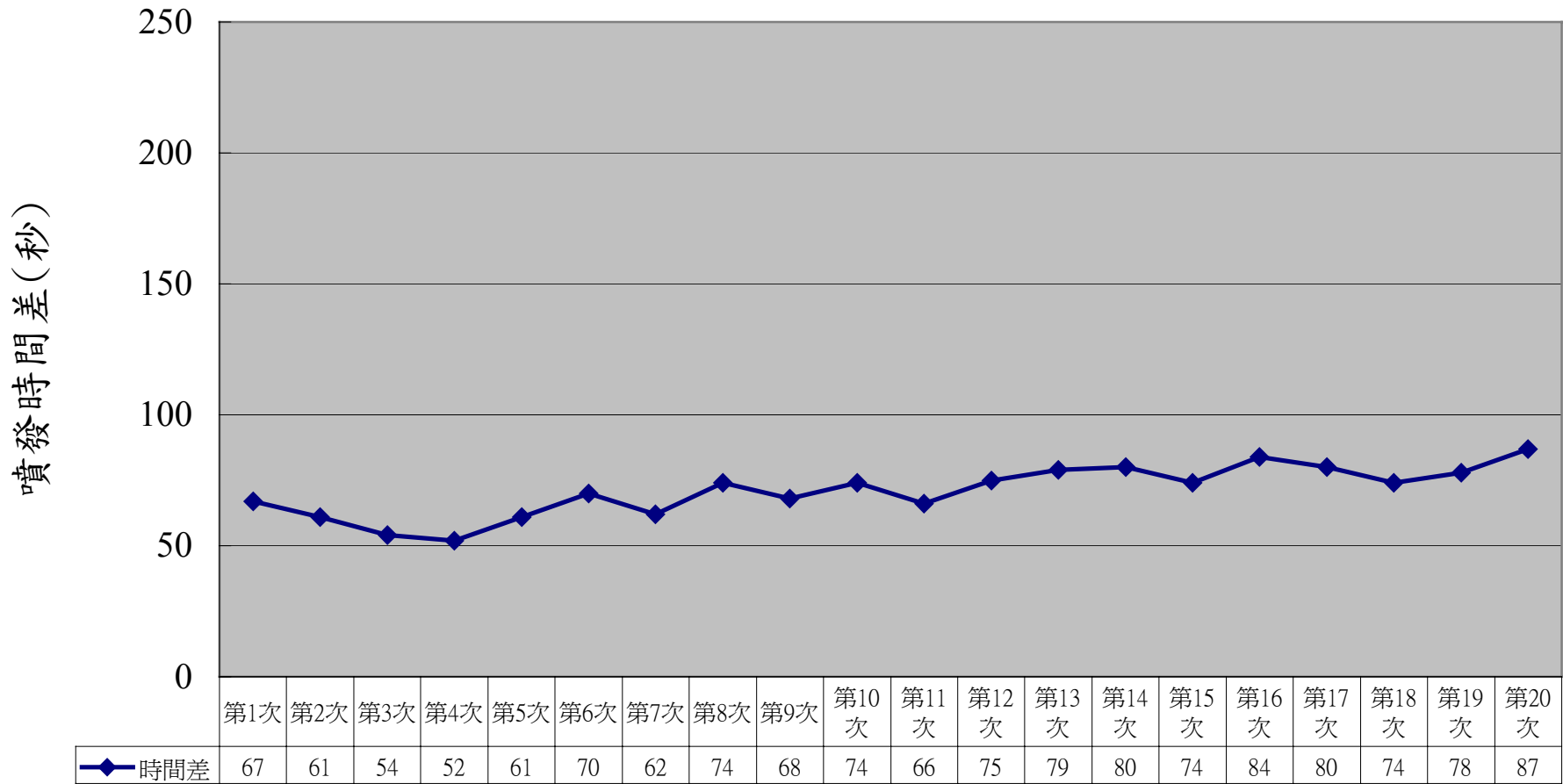


管徑：6mm 管長：85cm



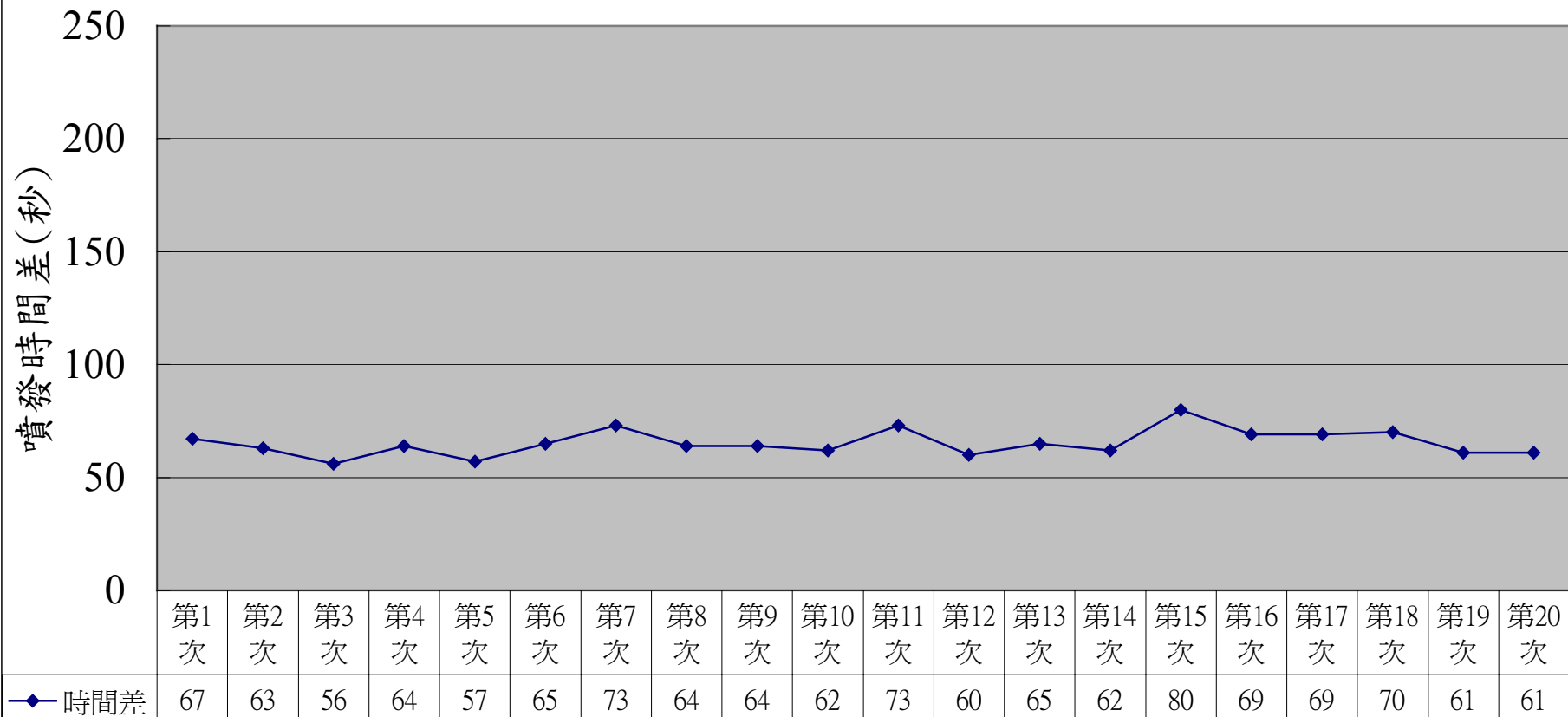
噴發次

管徑：6mm 管長：100cm



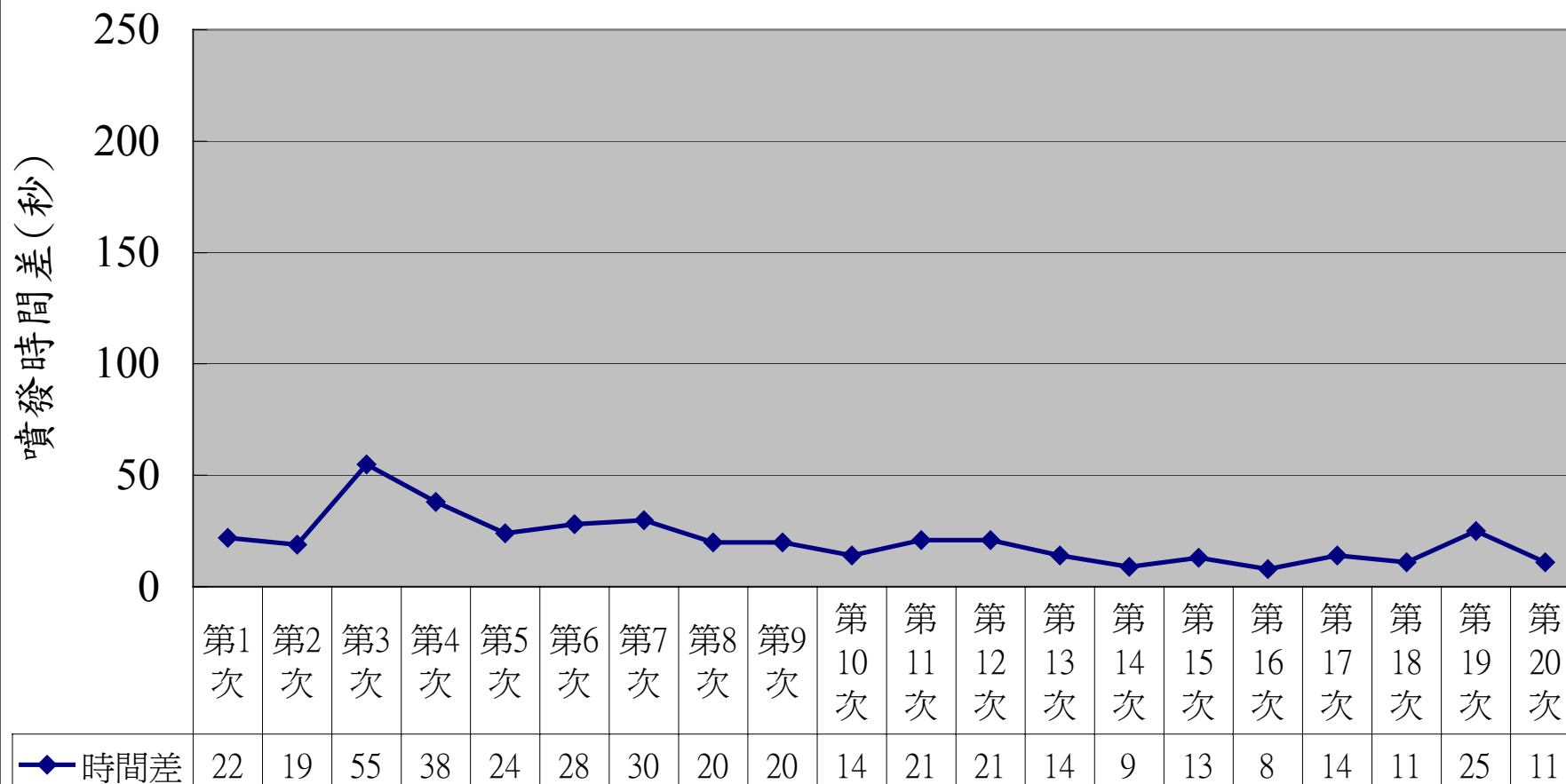
噴發次

管徑:8mm 管長:70cm



噴發次

管徑:10mm 管長:70cm



噴發次