



# 放射性物質海洋擴散模式應用

## Application of the Oceanic Dispersion Model for Radioactive Substances by the Central Weather Administration

朱熾儒 曾慧婷 鄧仁星

報告者:

中央氣象署 海象氣候組

朱熾儒 助理研究員

**Central Weather Administration**

# 內容大綱

☁ 放射性物質海洋擴散系統介紹

☁ 應用於大陸電廠假想事故

❄ 福清電廠

❄ 秦山電廠

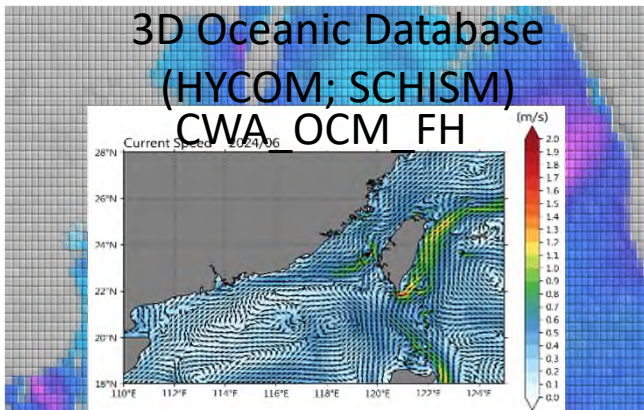
❄ 大亞灣電廠

☁ 核電廠歷史海流擴散案例分析比較



# 系統介紹

## Current Model



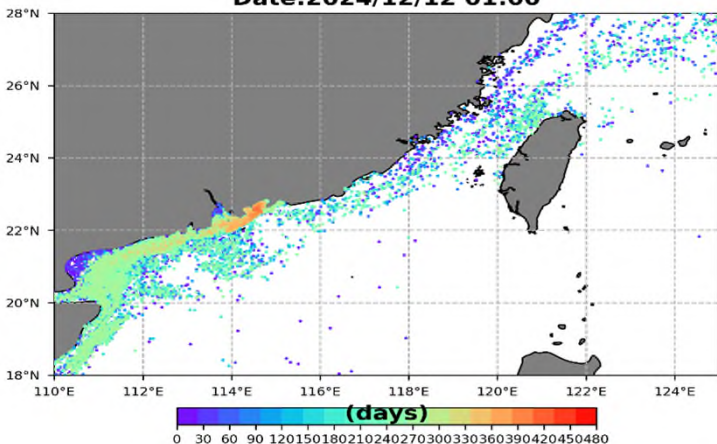
## Release rate information

核電站	發電量(MWe)	氚(液體)TBq	氚(液體)法規TBq	反應爐種類
秦山核電廠	330	3.83	804	壓水式
大亞灣核電廠1、2號機組	2 X 984	49.6	225	壓水式
秦山第二核電廠	2 X 650 + 2 X 660	59.1	804	壓水式
嶺澳核電廠1、2號機組	2 X 990	44.1	225	壓水式
嶺澳核電廠3、4號機組	2 X 1086	40.4	225	壓水式
秦山第三核電廠	2 X 728	143	804	重水式
田灣核電廠1-4號機組	2 X 1060 + 2 X 1126	54.3	126	壓水式
田灣核電廠5號機組	1118	0.953	53.7	壓水式

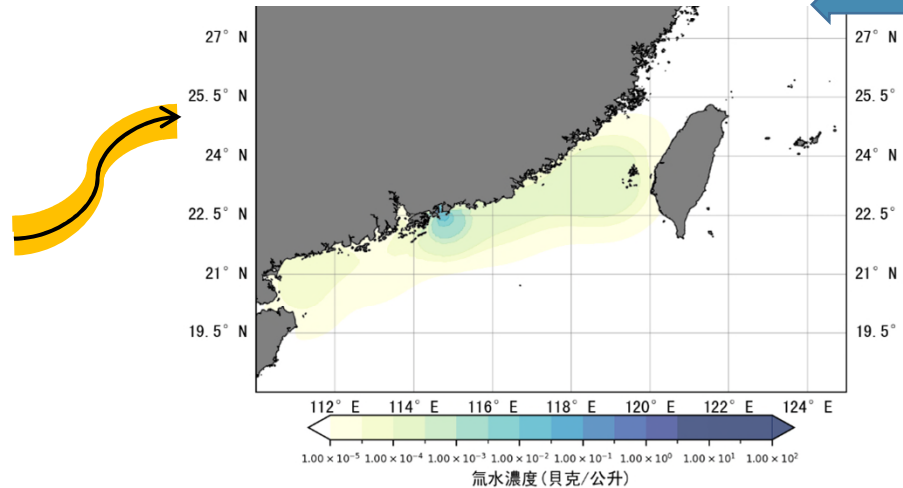


## Particle Tracking Model

Date: 2024/12/12 01:00



## Concentration Diffusion Model



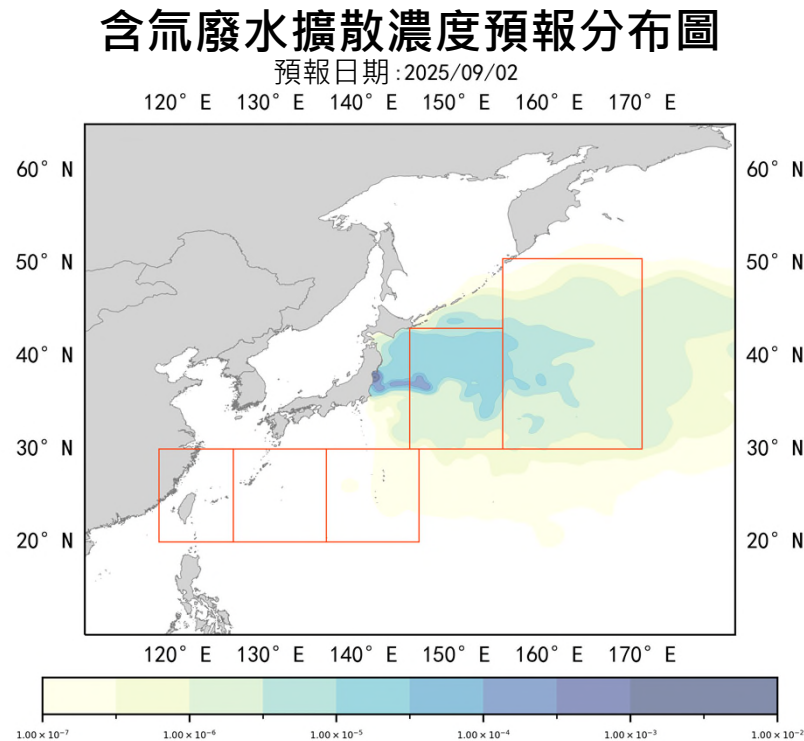
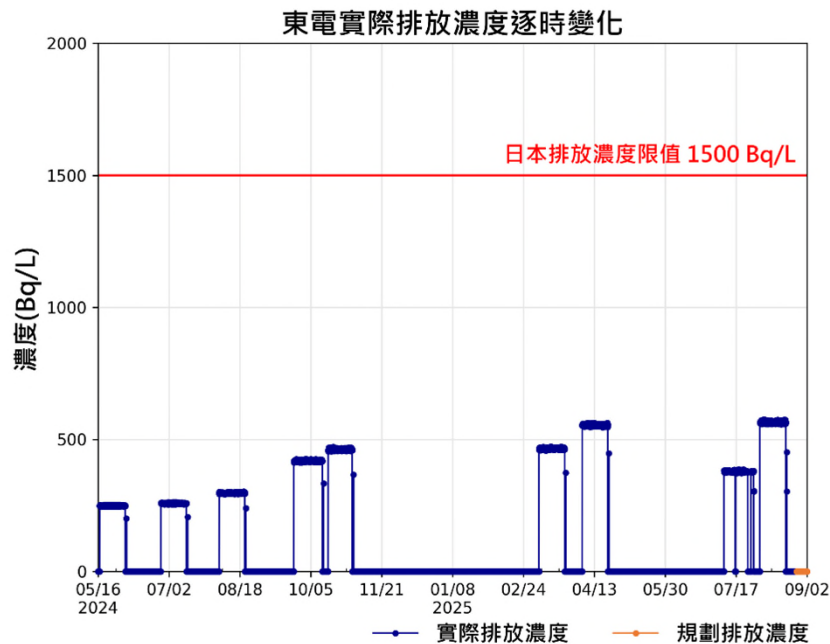
Time	N
0	1,000,000
t <sub>0</sub>	500,000
2t <sub>0</sub>	250,000
3t <sub>0</sub>	125,000
4t <sub>0</sub>	62,500
5t <sub>0</sub>	31,250
6t <sub>0</sub>	15,625
7t <sub>0</sub>	7,813
8t <sub>0</sub>	3,906
9t <sub>0</sub>	1,953
10t <sub>0</sub>	977

- Half-life decay
- Dispersion function
- Concentration Grid Dispersion in Gaussian distribution

- Where?
- When?
- nuclides?

# 初始動機

☁ 因應日本政府於2023年8月24日進行福島氙廢水排放作業，氣象署亦同步進行模擬，每日產出未來7天含氙廢水的擴散濃度分布及海域的衝擊預警，提供各相關單位及民眾進行應變措施參考。



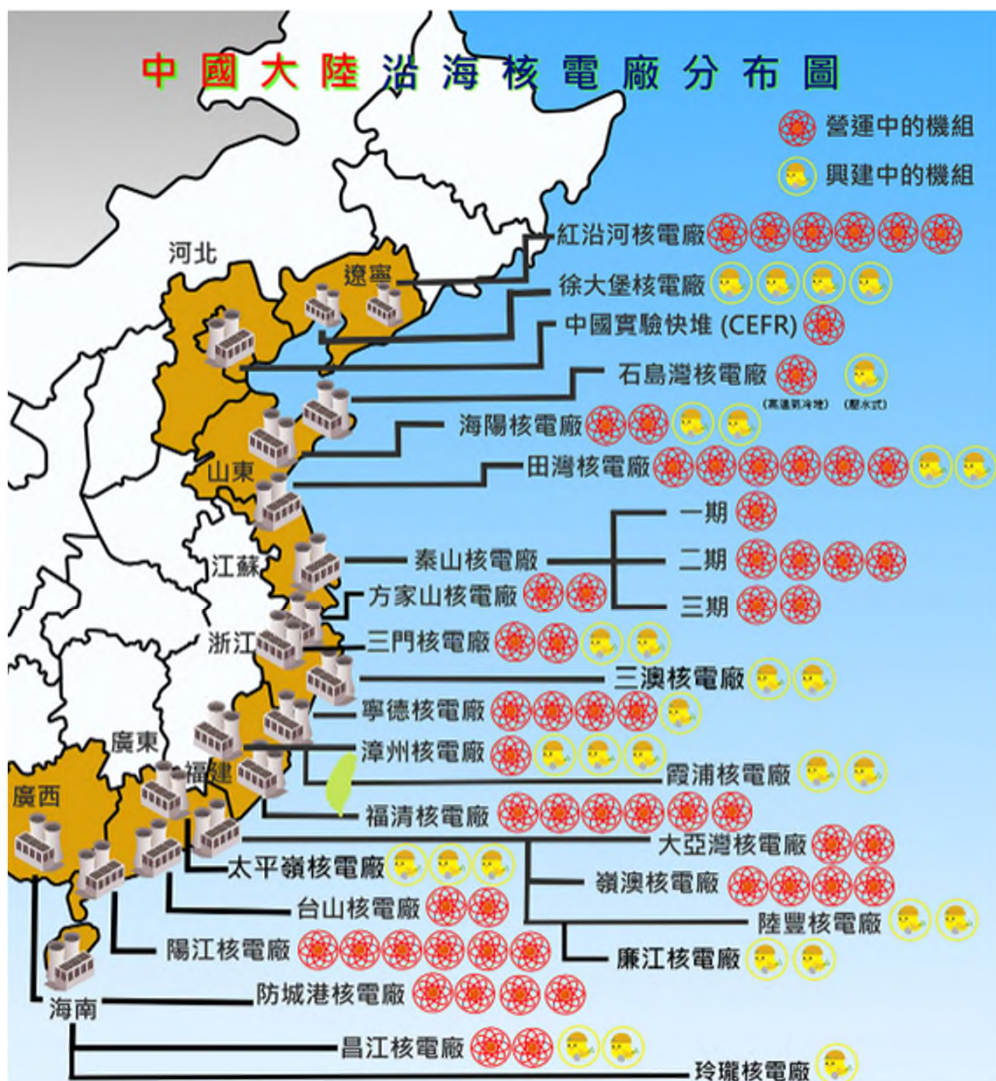
歡迎瀏覽「放射性物質海域擴散海洋資訊平台」 <https://tworis.nusc.gov.tw/Diffusionwater.php>



交通部中央氣象署

Central Weather Administration

# 應用於臺灣



1. 資料來源:IAEA-The Power Reactor Information System database(PRIS資料庫)  
PRIS網址 : <http://www.iaea.org/PRIS/home.aspx>  
2. 製圖: 核能安全委員會

114年8月10日

## 評估臺灣近海海域環境的潛在影響。

2021年核電廠放射性流出物排放情況統計表

核電廠	放射性廢物種類	氣態流出物/Bq					液態流出物/Bq			
		氫	碳-14	惰性氣體	鹵素	氣溶膠	氫	碳-14	其餘核素 (除氫和碳14外)	其餘核素 (除氫外)
秦山核電廠	年累計排放總量	$1.14 \times 10^{14}$	$1.36 \times 10^{12}$	$2.81 \times 10^{12}$	$1.70 \times 10^7$	$1.46 \times 10^7$	$2.18 \times 10^{14}$	$9.74 \times 10^9$	$8.14 \times 10^8$	$4.48 \times 10^9$
	排放年限值	$7.08 \times 10^{14}$	$5.10 \times 10^{13}$	$2.40 \times 10^{13}$	$8.00 \times 10^{10}$	$2.00 \times 10^{11}$	$8.04 \times 10^{14}$	$6.00 \times 10^{11}$	$2.00 \times 10^{11}$	$2.88 \times 10^{11}$
	占比	16.070%	26.708%	0.117%	0.021%	0.007%	27.170%	1.624%	0.407%	1.555%
大亞灣核電站 1、2號機組	年累計排放總量	$7.32 \times 10^{13}$	$1.43 \times 10^{12}$	$3.19 \times 10^{12}$	$2.05 \times 10^7$	$1.16 \times 10^7$	$1.22 \times 10^{14}$	$4.93 \times 10^{10}$	$3.08 \times 10^8$	/
	排放年限值	$2.40 \times 10^{13}$	$2.20 \times 10^{12}$	$7.00 \times 10^{14}$	$2.50 \times 10^{10}$	$3.80 \times 10^9$	$2.25 \times 10^{14}$	$3.00 \times 10^{11}$	$1.30 \times 10^{11}$	/
	占比	30.500%	65.136%	0.456%	0.082%	0.305%	54.133%	16.433%	0.237%	/
田灣核電站 1-4號機組	年累計排放總量	$8.55 \times 10^{11}$	$3.66 \times 10^{11}$	$5.44 \times 10^{12}$	$5.80 \times 10^9$	$2.70 \times 10^9$	$5.91 \times 10^{13}$	$2.27 \times 10^{10}$	$1.06 \times 10^{10}$	/
	排放年限值	$1.28 \times 10^{13}$	$1.00 \times 10^{13}$	$1.53 \times 10^{14}$	$7.40 \times 10^{10}$	$2.40 \times 10^9$	$1.26 \times 10^{14}$	$6.00 \times 10^{10}$	$1.20 \times 10^{10}$	/
	占比	6.680%	36.600%	3.556%	0.784%	1.125%	46.905%	37.667%	0.883%	/
田灣核電站 5、6號機組	年累計排放總量	$2.34 \times 10^{11}$	$1.28 \times 10^{11}$	$1.12 \times 10^{12}$	$2.53 \times 10^9$	$1.19 \times 10^9$	$2.01 \times 10^{13}$	$6.49 \times 10^9$	$3.96 \times 10^8$	/
	排放年限值	$5.37 \times 10^{12}$	$6.77 \times 10^{11}$	$9.09 \times 10^{13}$	$6.45 \times 10^9$	$7.16 \times 10^7$	$6.20 \times 10^{13}$	$5.66 \times 10^{10}$	$2.46 \times 10^{10}$	/
	占比	4.358%	18.907%	1.232%	0.392%	1.662%	32.419%	11.466%	1.610%	/

張奕

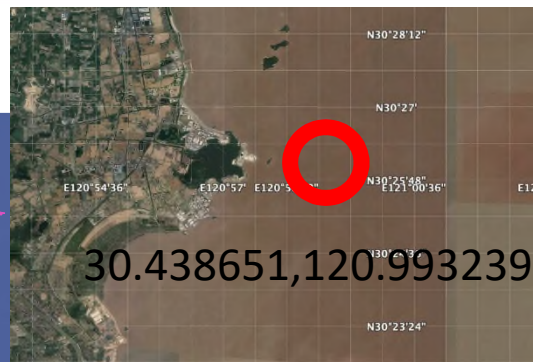
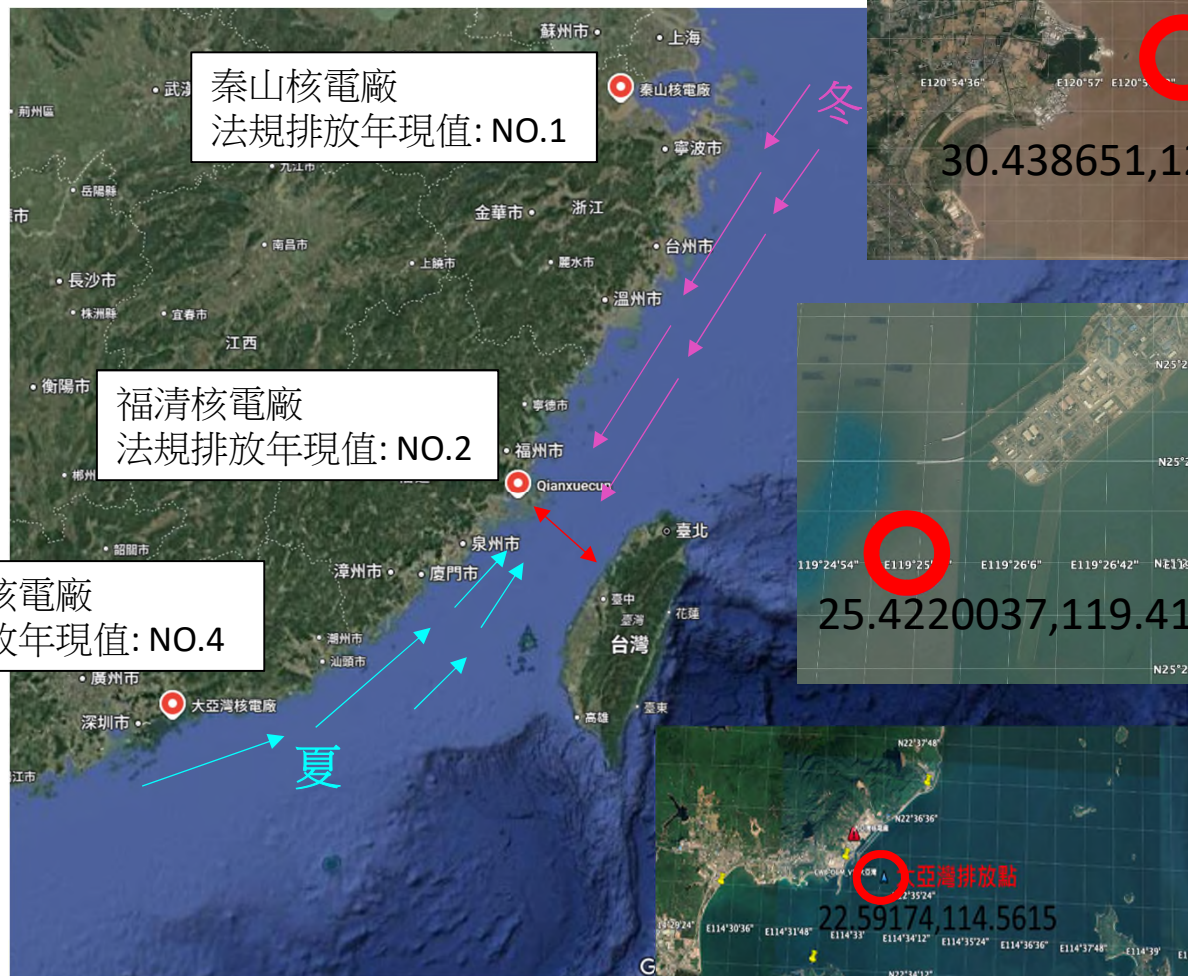
核電廠	放射性廢物種類	氣態流出物/Bq					液態流出物/Bq			
		氫	碳-14	惰性氣體	鹵素	氣溶膠	氫	碳-14	其餘核素 (除氫和碳14外)	其餘核素 (除氫外)
紅沿河核電廠 1-4號機組	年累計排放總量	$2.25 \times 10^{13}$	$1.05 \times 10^{12}$	$1.59 \times 10^{13}$	$7.25 \times 10^9$	$3.80 \times 10^7$	$8.92 \times 10^{13}$	$2.24 \times 10^{10}$	$2.12 \times 10^9$	/
	排放年限值	$1.40 \times 10^{13}$	$1.48 \times 10^{12}$	$7.06 \times 10^{14}$	$1.01 \times 10^{10}$	$6.12 \times 10^9$	$1.26 \times 10^{14}$	$2.00 \times 10^{11}$	$8.00 \times 10^{10}$	/
	占比	16.100%	71.080%	2.250%	0.070%	0.620%	70.810%	11.200%	0.270%	/
紅沿河核電廠 5、6號機組	年累計排放總量	$1.47 \times 10^{10}$	$1.15 \times 10^9$	$7.60 \times 10^{12}$	$1.69 \times 10^9$	$1.04 \times 10^7$	$1.15 \times 10^{12}$	$3.13 \times 10^8$	$1.03 \times 10^8$	/
	排放年限值	$9.70 \times 10^{12}$	$7.40 \times 10^{11}$	$5.49 \times 10^{14}$	$5.92 \times 10^9$	$3.06 \times 10^9$	$8.73 \times 10^{13}$	$1.00 \times 10^{11}$	$4.00 \times 10^{10}$	/
	占比	0.150%	0.150%	1.380%	0.030%	0.340%	1.320%	0.310%	0.260%	/
寧德核電廠	年累計排放總量	$1.62 \times 10^{12}$	$5.72 \times 10^{11}$	$2.95 \times 10^{13}$	$7.04 \times 10^9$	$5.20 \times 10^9$	$1.02 \times 10^{14}$	$3.10 \times 10^{10}$	$2.41 \times 10^9$	/
	排放年限值	$1.94 \times 10^{13}$	$1.48 \times 10^{13}$	$1.10 \times 10^{15}$	$1.18 \times 10^{10}$	$6.20 \times 10^9$	$1.75 \times 10^{14}$	$2.00 \times 10^{11}$	$6.00 \times 10^{10}$	/
	占比	8.340%	38.660%	0.270%	0.060%	0.080%	58.090%	15.520%	0.400%	/
福清核電廠 1、2號機組	年累計排放總量	$1.14 \times 10^{12}$	$3.17 \times 10^{11}$	$3.35 \times 10^{11}$	$3.52 \times 10^9$	$1.10 \times 10^9$	$5.33 \times 10^{13}$	$1.44 \times 10^{10}$	$5.53 \times 10^9$	/
	排放年限值	$9.90 \times 10^{12}$	$7.81 \times 10^{11}$	$1.37 \times 10^{14}$	$1.18 \times 10^9$	$1.31 \times 10^9$	$9.90 \times 10^{13}$	$5.87 \times 10^{10}$	$5.56 \times 10^{10}$	/
	占比	11.570%	40.620%	0.240%	0.300%	0.840%	53.800%	24.470%	0.995%	/
福清核電廠 3、4號機組	年累計排放總量	$9.27 \times 10^{11}$	$2.53 \times 10^{11}$	$2.41 \times 10^{11}$	$2.64 \times 10^9$	$1.23 \times 10^9$	$4.54 \times 10^{13}$	$7.99 \times 10^9$	$1.19 \times 10^9$	/
	排放年限值	$9.95 \times 10^{12}$	$7.81 \times 10^{11}$	$1.37 \times 10^{14}$	$1.18 \times 10^9$	$1.31 \times 10^9$	$9.95 \times 10^{13}$	$5.87 \times 10^{10}$	$5.56 \times 10^{10}$	/
	占比	9.310%	32.330%	0.180%	0.220%	0.940%	45.590%	13.610%	0.210%	/
福清核電廠 5、6號機組	年累計排放總量	$3.03 \times 10^{11}$	$7.93 \times 10^{10}$	$2.30 \times 10^{11}$	$1.58 \times 10^9$	$9.19 \times 10^7$	$1.48 \times 10^{13}$	$4.06 \times 10^9$	$1.27 \times 10^9$	/
	排放年限值	$8.26 \times 10^{12}$	$6.91 \times 10^{11}$	$1.15 \times 10^{14}$	$1.10 \times 10^9$	$1.68 \times 10^9$	$8.26 \times 10^{13}$	$5.06 \times 10^{10}$	$1.30 \times 10^{10}$	/
	占比	3.670%	11.470%	0.200%	0.140%	0.550%	17.980%	8.030%	0.980%	/

2021年中國核電廠放射性物質排放情況統計表 《2022中國核能年鑑》

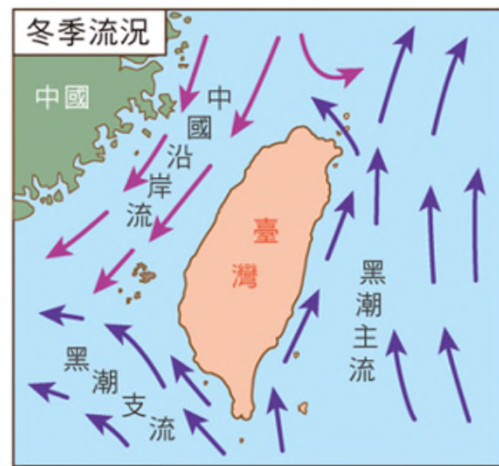
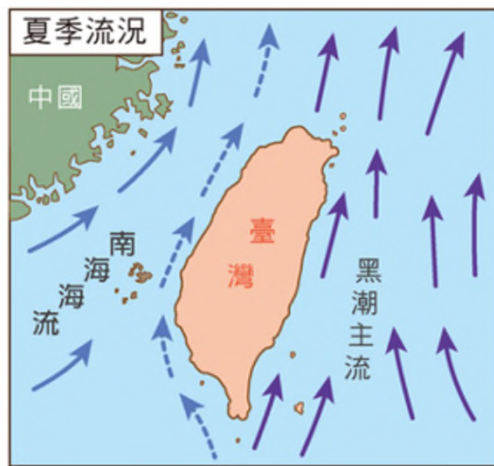
# 大陸電廠假想事故分析



# 選點說明



- ⚡ 距離
- ⚡ 法規排放年限值
- ⚡ 海流



來自氣象署網頁，海流全書：  
[https://www.cwa.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/sea/index\\_all.html](https://www.cwa.gov.tw/V8/C/K/Encyclopedia/sea/index_all.html)

# 模擬設定

海流資料:CWA\_OCM

⚡ 2022/01/01-2023/12/31 (福清)

⚡ 2021/01/01-2023/12/31(秦山)

⚡ 2023/11/01-2025/02/28(大亞灣)

網格解析度:

⚡ 0.025度 (~2.5公里)

釋放狀態:

⚡ 平均每小時連續釋放

模擬電廠:

核電站	發電量(MWe)	氫(液體)TBq	氫(液體)法規TBq	反應爐種類
秦山核電廠	330	3.83	804	壓水式
大亞灣核電廠1、2號機組	2 X 984	49.6	225	壓水式
秦山第二核電廠	2 X 650+2 X 660	59.1	804	壓水式
嶺澳核電廠1、2號機組	2 X 990	44.1	225	壓水式
嶺澳核電廠3、4號機組	2 X 1086	40.4	225	壓水式
秦山第三核電廠	2 X 728	143	804	重水式
田灣核電廠1-4號機組	2 X 1060+2 X 1126	54.3	126	壓水式
田灣核電廠5號機組	1118	0.953	53.7	壓水式
紅沿河核電廠	4 X 1118.19	107	126	壓水式
寧德核電廠	4 X 1089	111	175	壓水式
福清核電廠1、2號機組	2 X 1089	44.7	99	壓水式
福清核電廠3、4號機組	2 X 1089	40.4	99.5	壓水式
福清核電廠5號機組	1161	5.54E-03	82.6	壓水式
陽江核電廠	6 X 1086	122	262	壓水式
方家山核電廠	2 X 1089	57	804	壓水式
三門核電廠	2 X 1251	29.4	85.2	壓水式
海陽核電廠	2 X 1253	42.5	85.2	壓水式
台山核電廠	2 X 1750	38.3	141	壓水式
昌江核電廠	2 X 650	16.1	52.2	壓水式
防城港核電廠	2 X 1086	50.5	87.4	壓水式

大亞灣核電廠  
總釋放量  
~225TBq/year

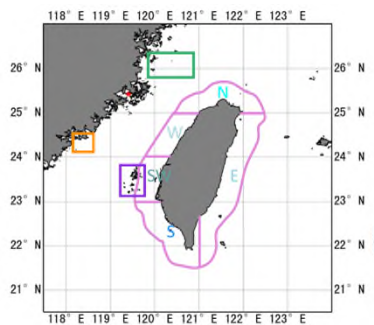
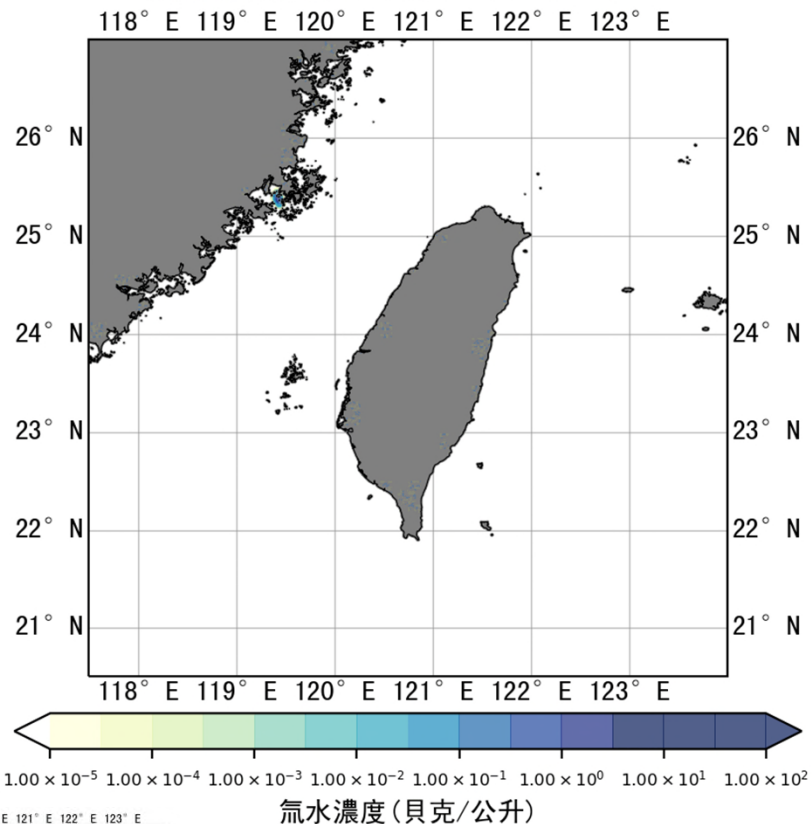
秦山核電廠  
總釋放量  
~804TBq/year

福清核電廠  
總釋放量  
~281.1TBq/year

# 福清電廠

## 含氚廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖

距開始排放後0天，日期(UTC)：2022010124

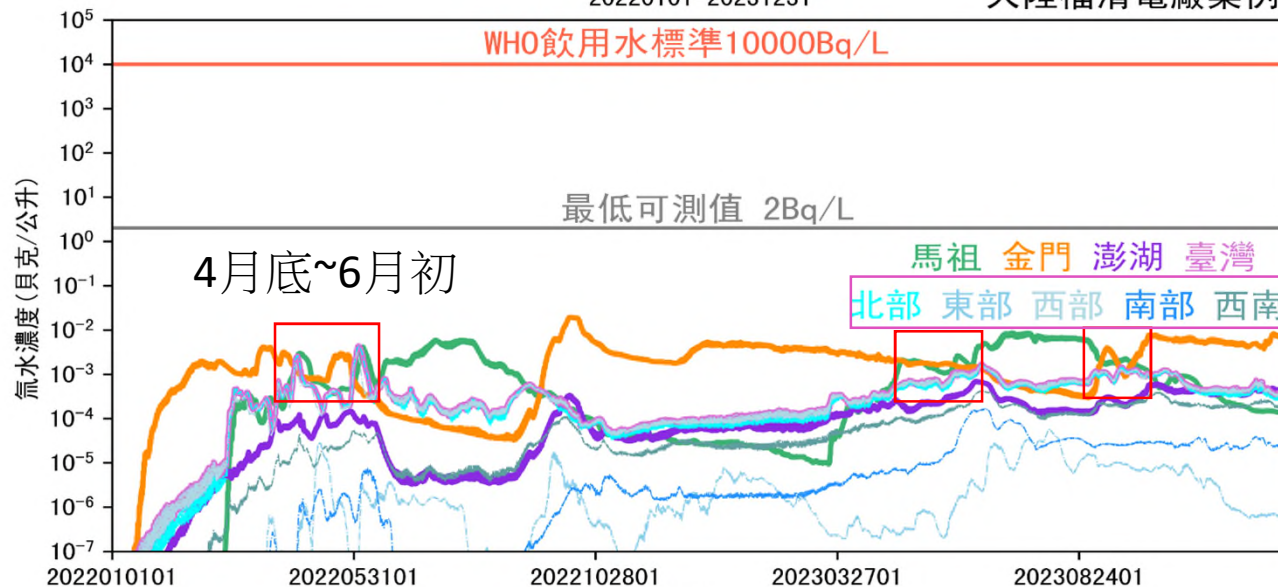


部中央氣象署  
Central Weather Administration

## 各地區氚濃度最大值逐時變化

20220101-20231231

大陸福清電廠案例



影響快慢

日期  
金門 → 北部 / 西部 → 澎湖 → 馬祖 → 西南 → 東部 / 南部

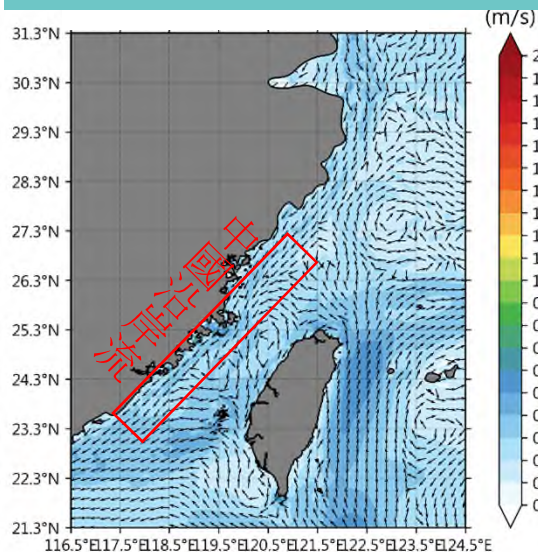
影響程度

金門 → 馬祖 → 北部 / 西部 → 澎湖 / 西南 → 南部 / 東部

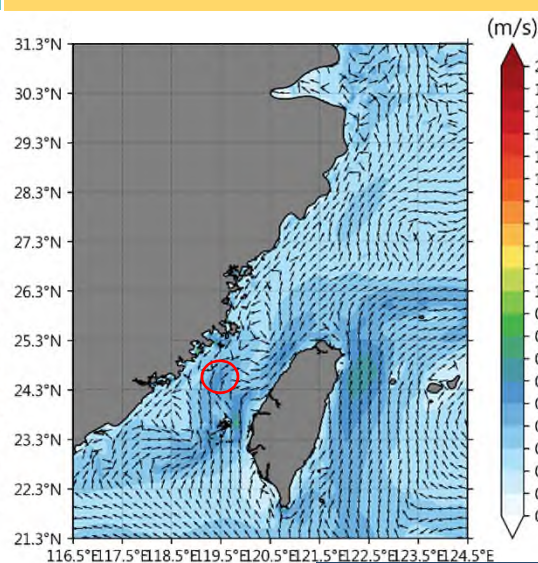
★金門馬祖交替升高時期均在春夏或夏秋交替之際，同時也是本島北部與西部出現最大值的時間。

# 福清電廠

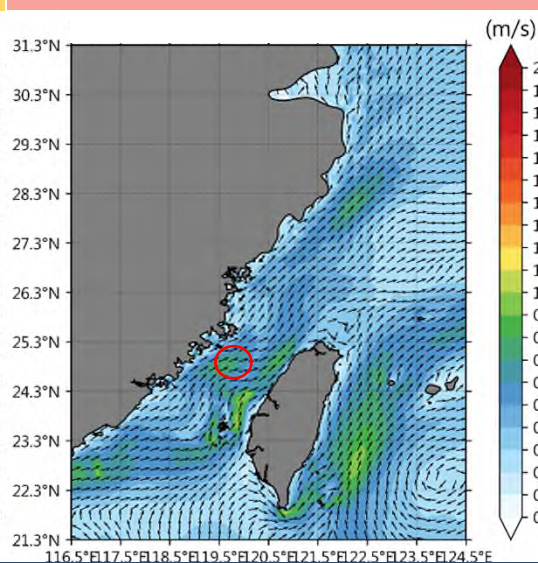
2021冬季海流平均



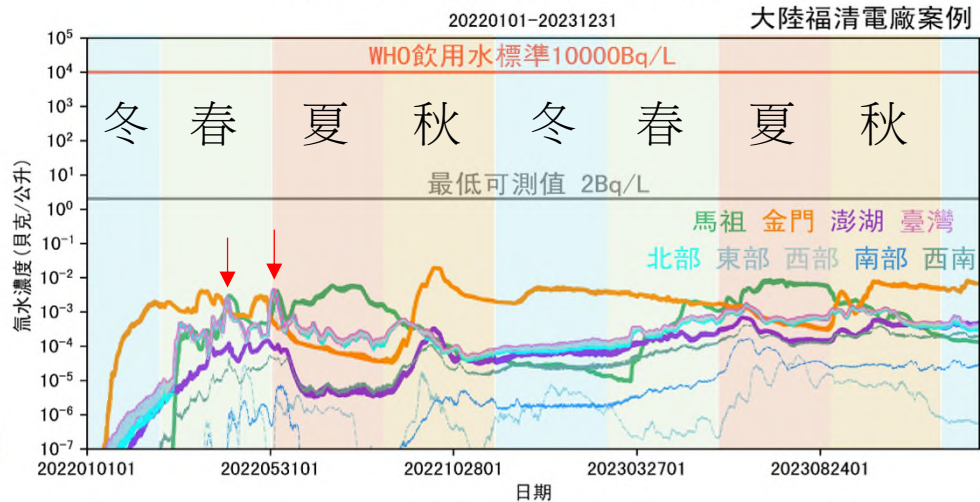
2022春季海流平均



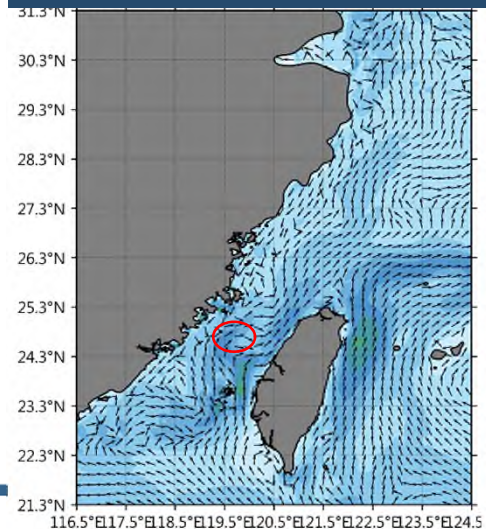
2022夏季海流平均



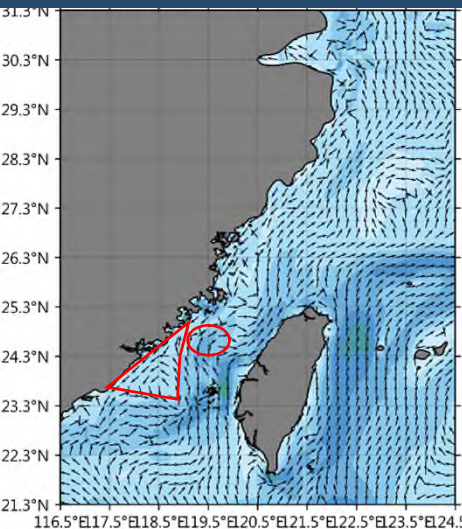
各地區氚濃度最大值逐時變化



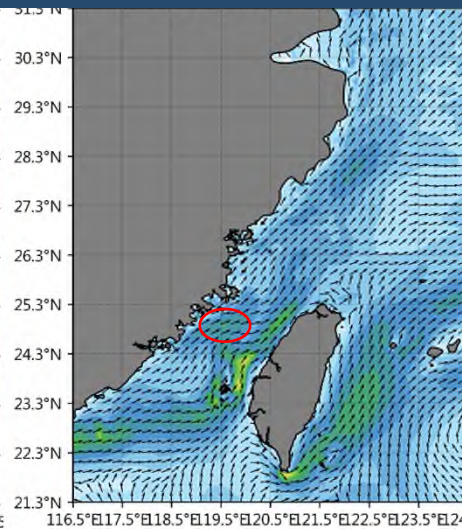
2022/04月海流平均



2022/05月海流平均

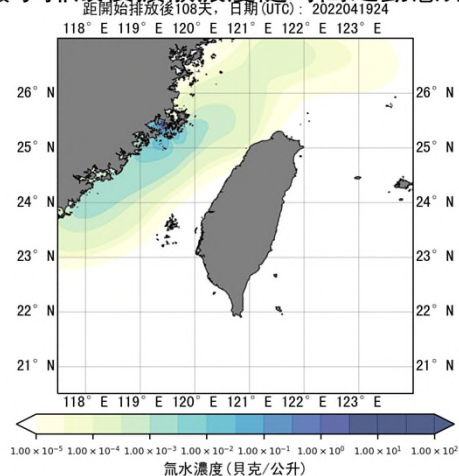


2022/06月海流平均

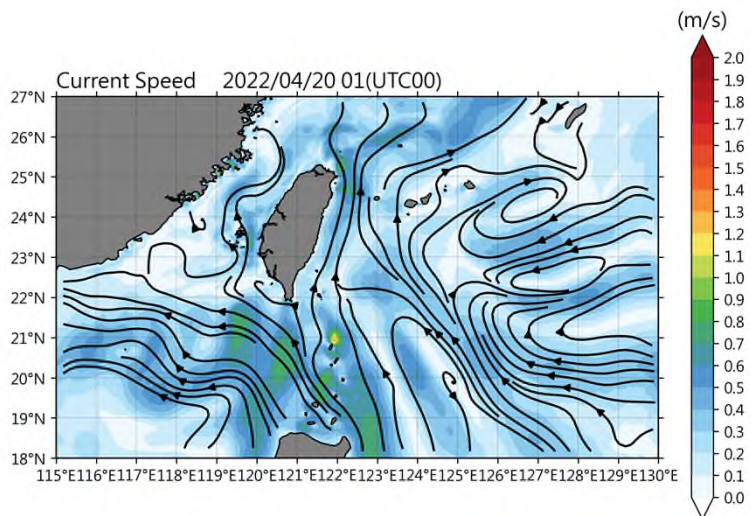


# 福清電廠

含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖

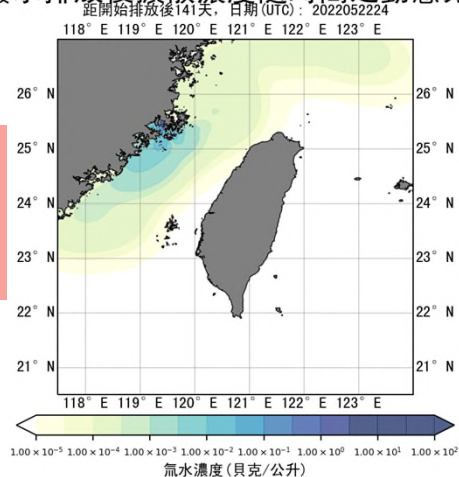


第一波:  
4/18~4/25

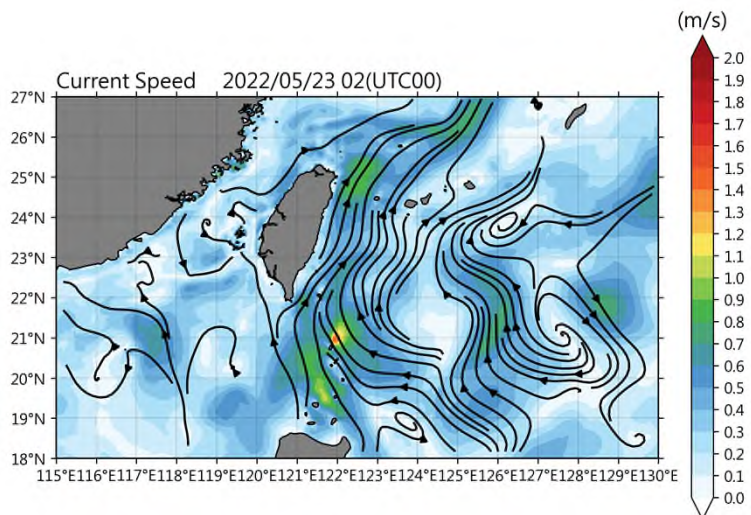


- ★ 04/26為濃度最高值。
- ★ 04/21前濃度多累積於福清電廠西南方，後隨較強往東北海流靠近臺灣西北部。

含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



第二波:  
5/28~6/10



- ★ 06/03為濃度最高值。
- ★ 05/28前濃度多累積於福清電廠西南方，後隨較強往東北海流靠近臺灣西北部。

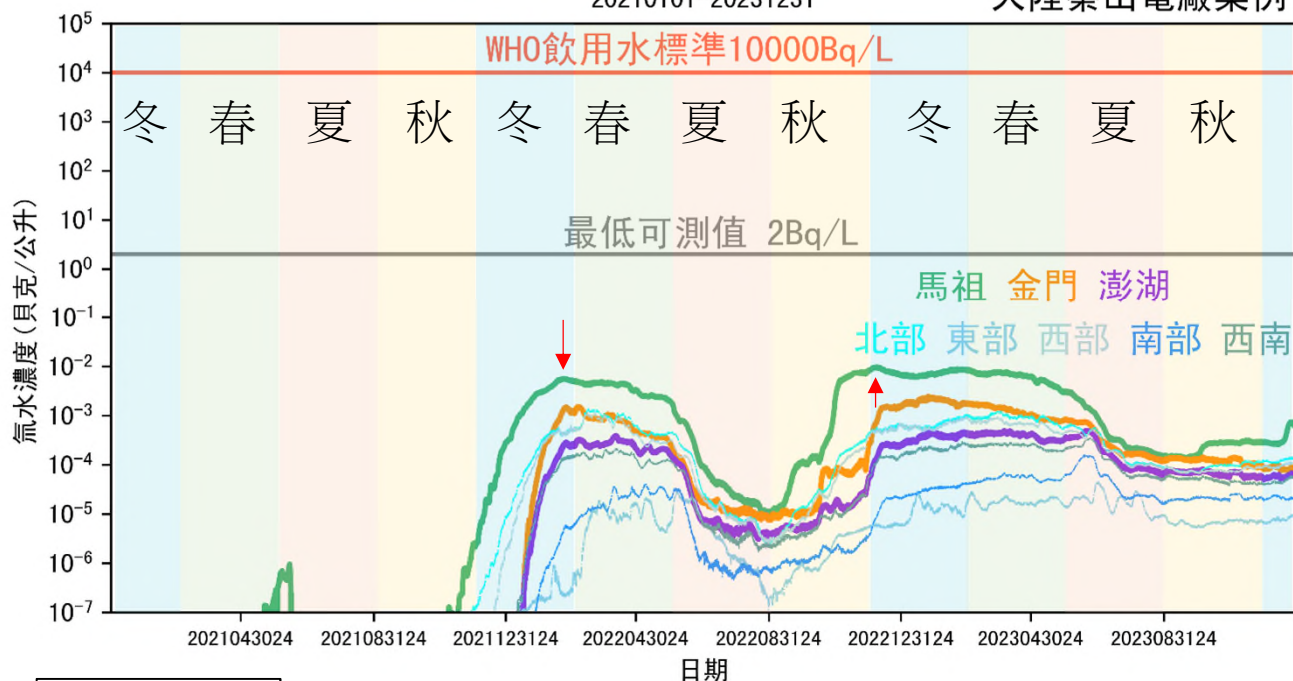


# 秦山電廠

## 各地區氬濃度最大值逐時變化

20210101-20231231

大陸秦山電廠案例



**影響快慢** 馬祖 → 北部 → 西部 → 西南 / 金門 / 澎湖 / 東部 → 南部

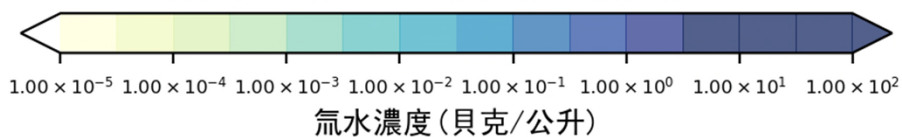
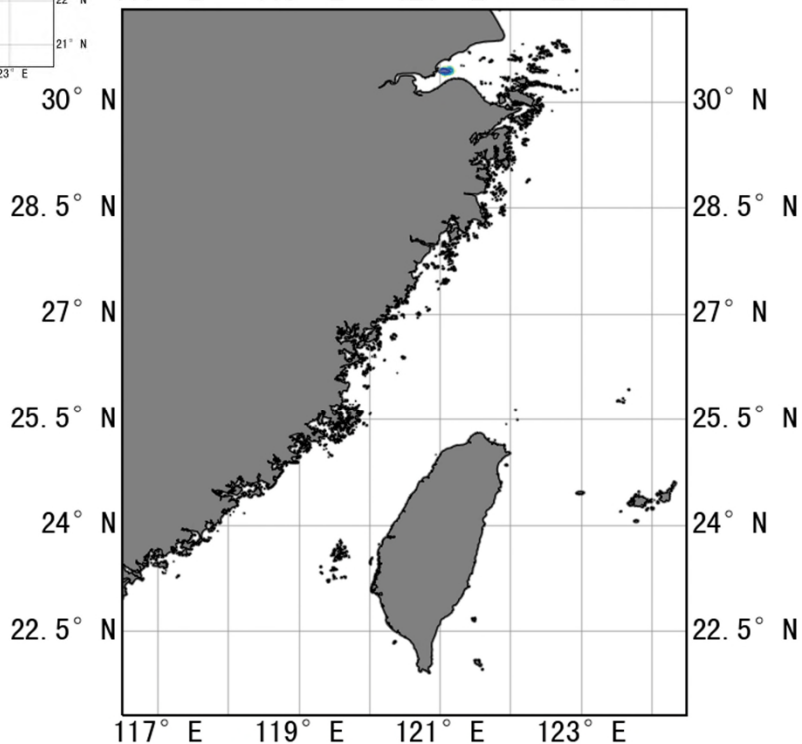
**影響程度** 馬祖 → 金門 → 北部 → 西部 → 澎湖 → 西南 → 南部 → 東部

- ★ 2021年1月排放在當年秋冬之際開始影響臺灣本島。
- ★ 馬祖在2021年冬季尾濃度最高，隔年則是初冬。

2021~2023

距開始排放後0天，日期(UTC)：2021010124

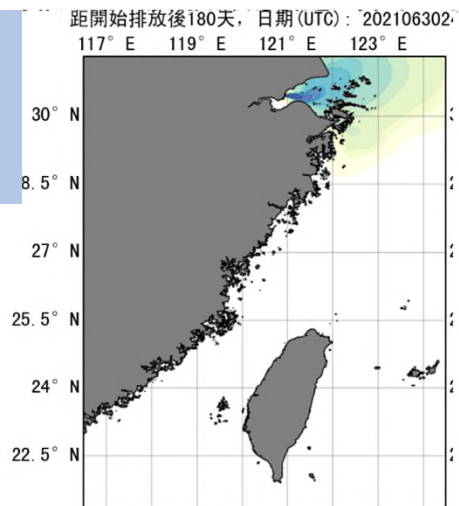
117° E 119° E 121° E 123° E



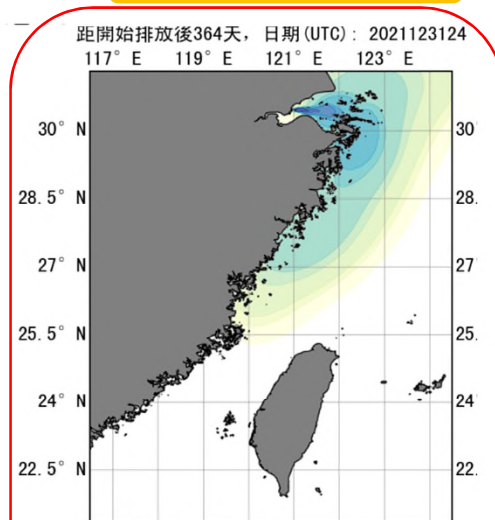
# 秦山電廠

海流資料:  
2021~  
2022

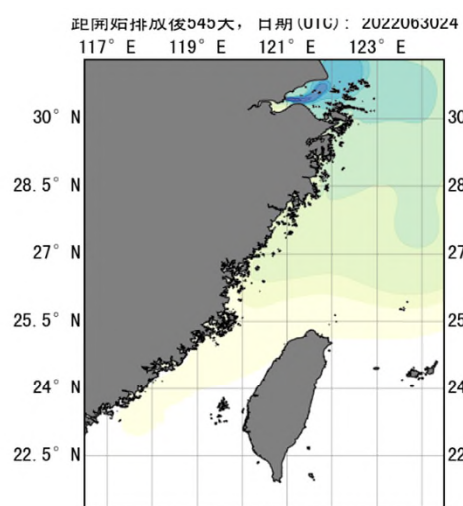
2021/06/30



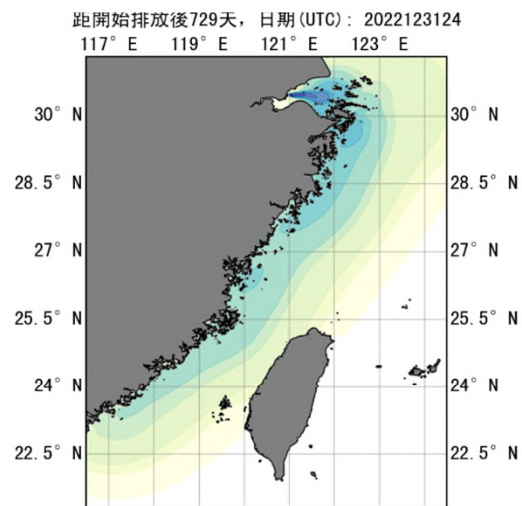
2021/12/31



第18個月

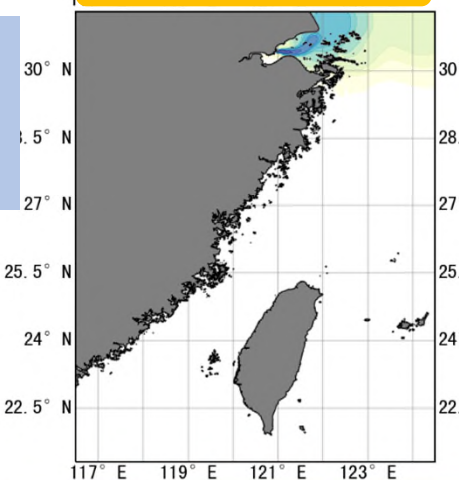


第24個月

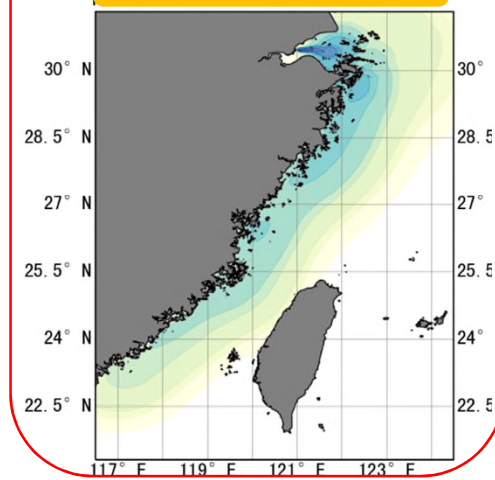


海流資料:  
2022~  
2023

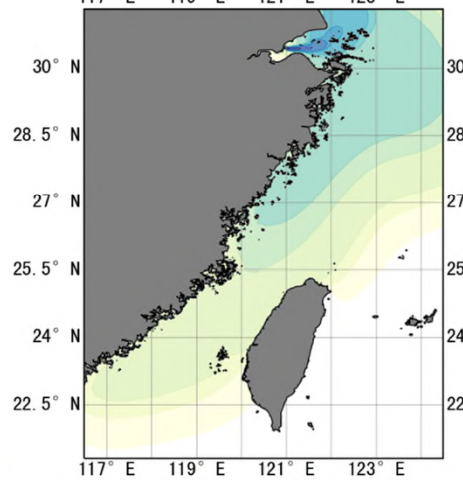
2022/06/30



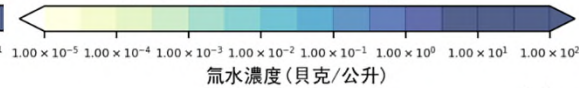
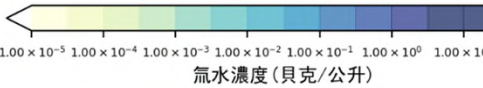
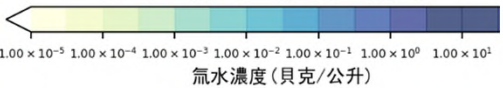
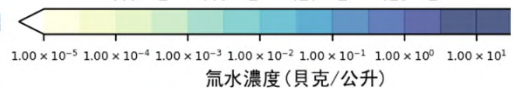
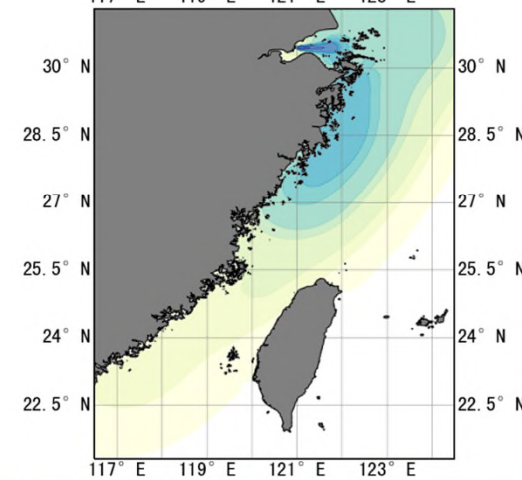
2022/12/31



距開始排放後545天, 日期(UTC): 2023063024  
117° E 119° E 121° E 123° E



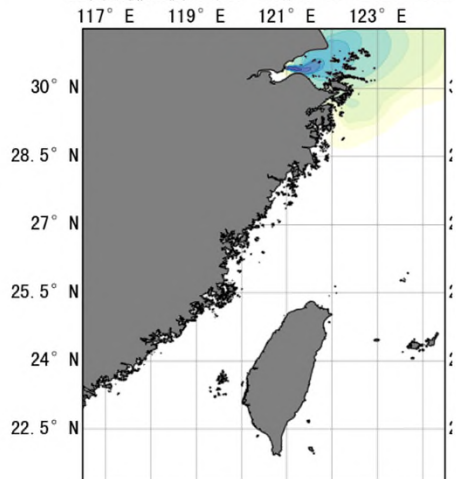
距開始排放後729天, 日期(UTC): 2023123124  
117° E 119° E 121° E 123° E



# 秦山電廠

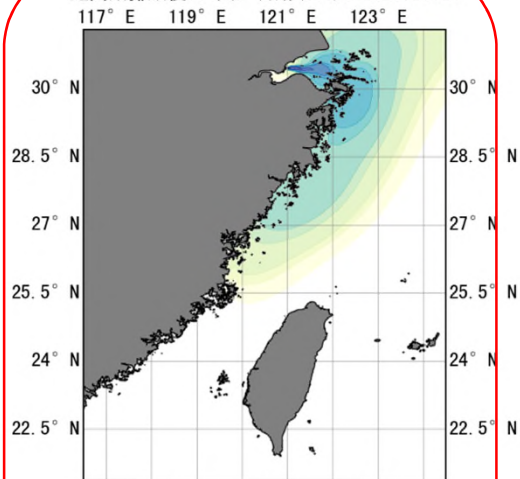
2021/06/30

距開始排放後180天, 日期(UTC): 202106302

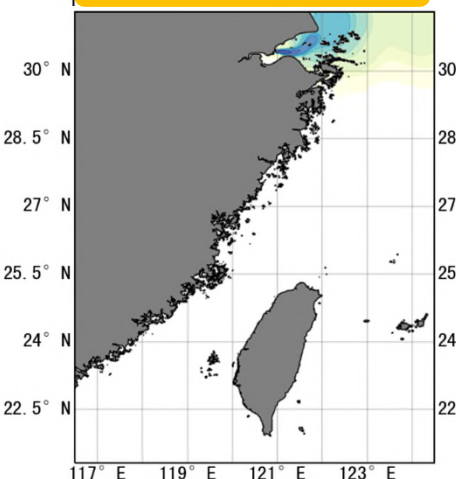


2021/12/31

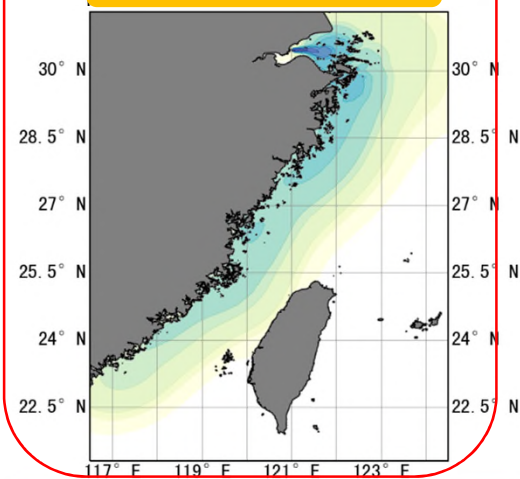
距開始排放後364天, 日期(UTC): 2021123124



2022/06/30



2022/12/31



★ 2021年開始模擬，到年底時濃度只到北緯25.5度。

★ 2022年開始模擬，到年底時濃度已到北緯22.5度。

1.00 × 10<sup>-5</sup> 1.00 × 10<sup>-4</sup> 1.00 × 10<sup>-3</sup> 1.00 × 10<sup>-2</sup> 1.00 × 10<sup>-1</sup> 1.00 × 10<sup>0</sup> 1.00 × 10<sup>1</sup> 1.00 × 10<sup>2</sup>  
氬水濃度(貝克/公升)

# 秦山電廠

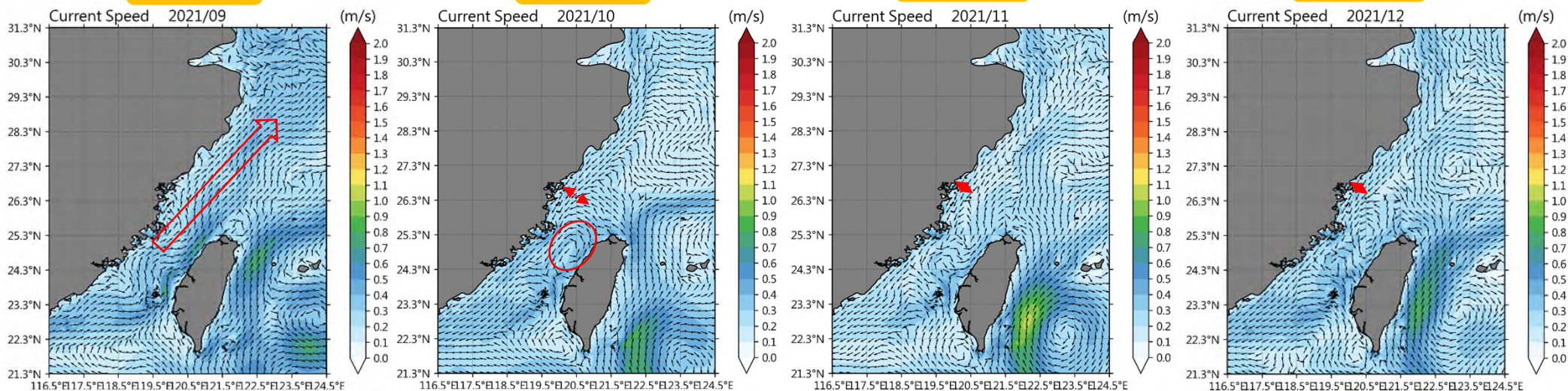
9月

10月

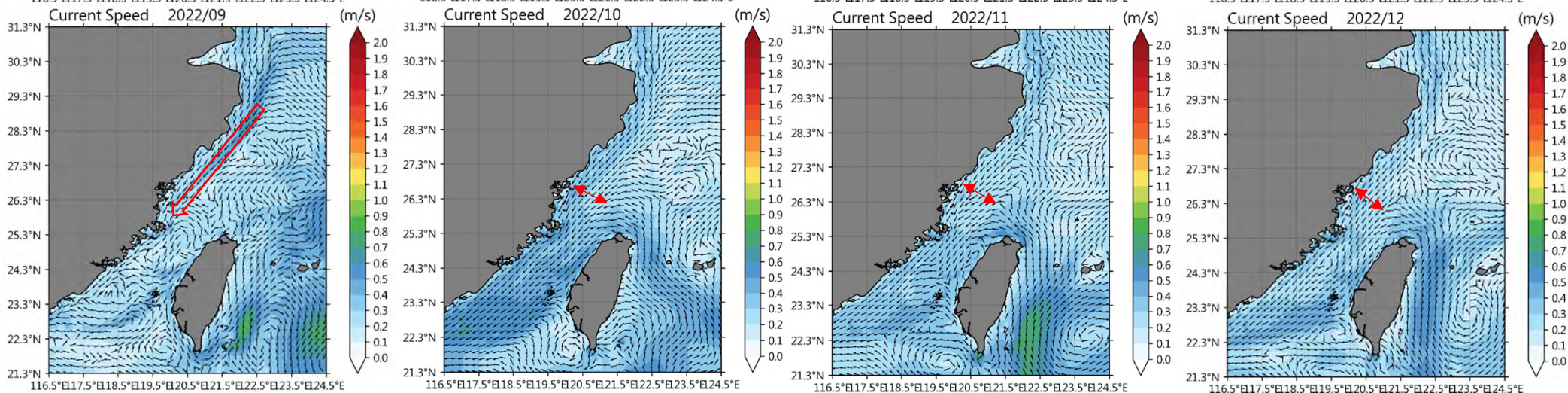
11月

12月

海流資料:  
2021年



海流資料:  
2022年

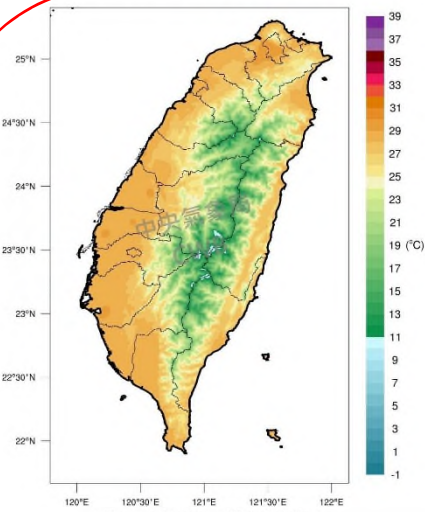


★ 2022年中國沿岸流較早建立，往西南移動。

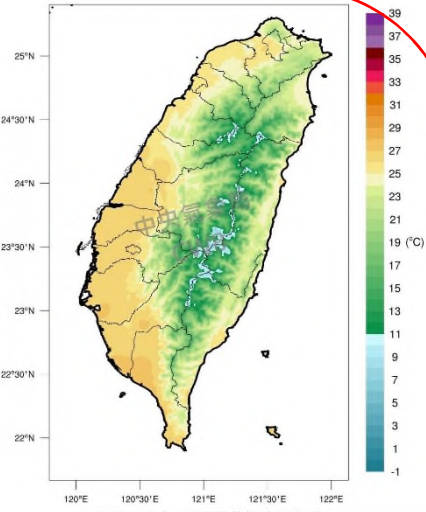
# 秦山電廠

溫度資料:  
202109~  
202112

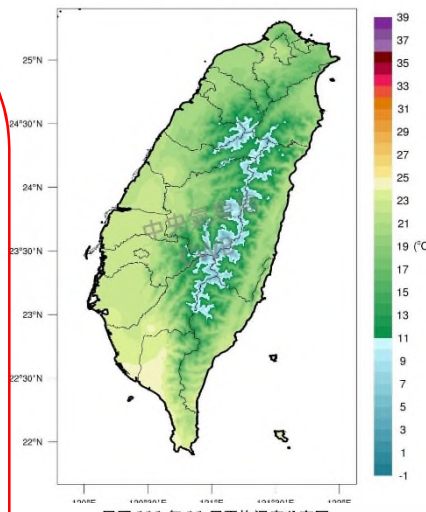
民國 110 年 09 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., SEP 2021



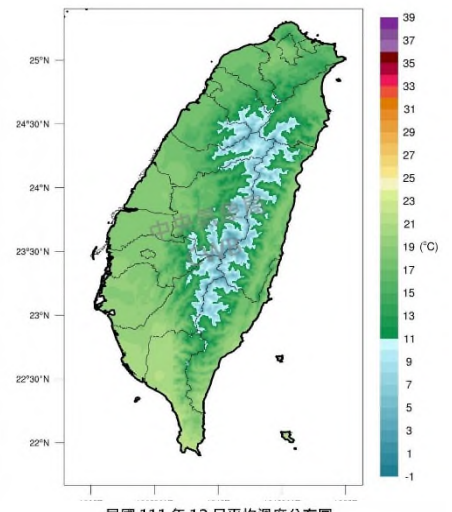
民國 110 年 10 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., OCT 2021



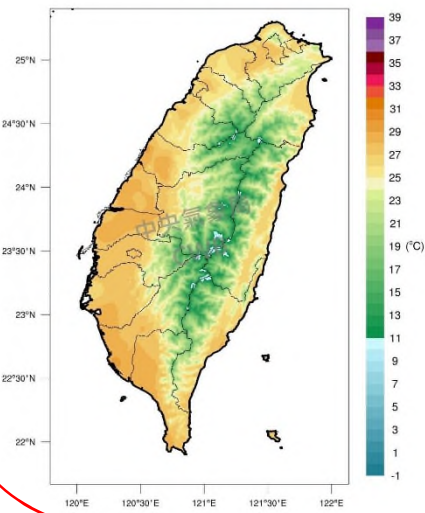
民國 110 年 11 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., NOV 2021



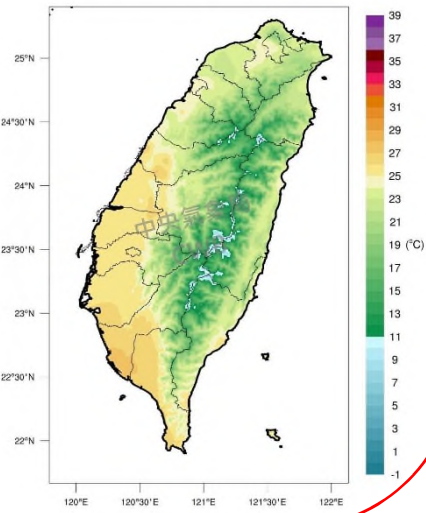
民國 110 年 12 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., DEC 2021



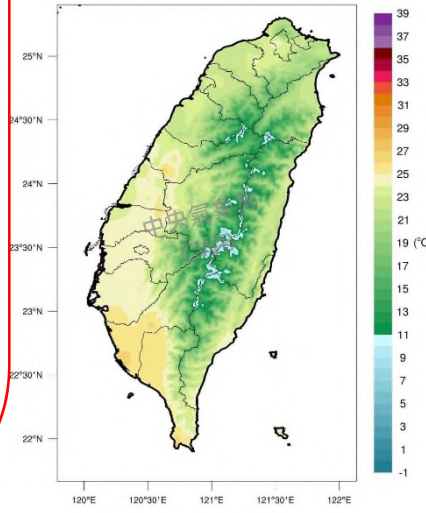
民國 111 年 09 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., SEP 2022



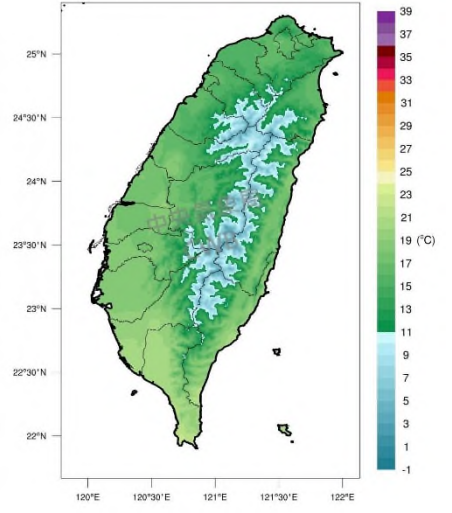
民國 111 年 10 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., OCT 2022



民國 111 年 11 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., NOV 2022



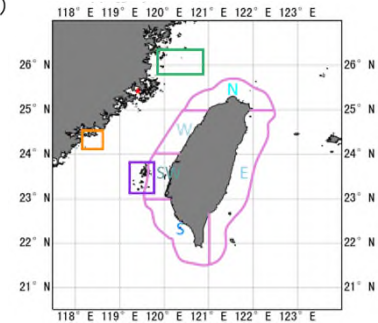
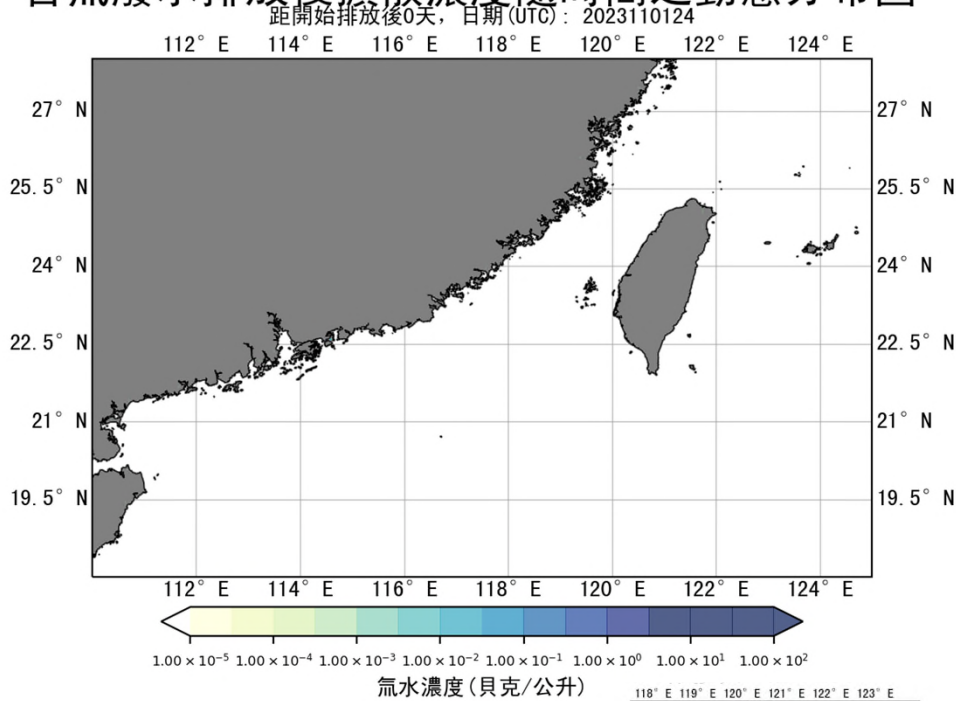
民國 111 年 12 月平均溫度分布圖  
Surface Mean Temp., DEC 2022



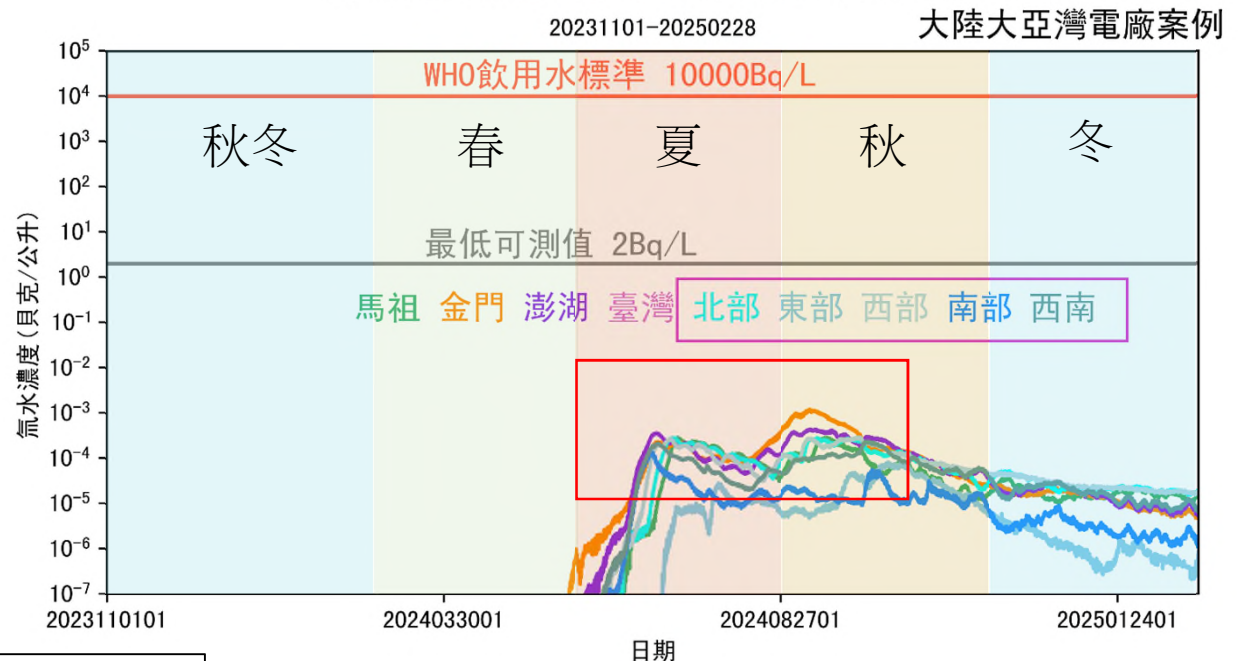
溫度資料:  
202209~  
202212

# 大亞灣電廠

含氙廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



各地區氙濃度最大值逐時變化



影響快慢

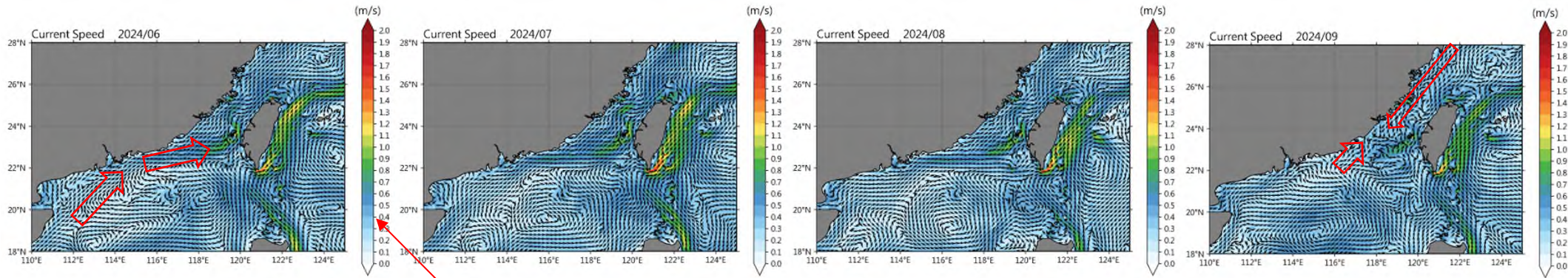
金門 → 澎湖 → 西南 → 南部 → 西部 → 北部 → 馬祖 → 東部

影響程度

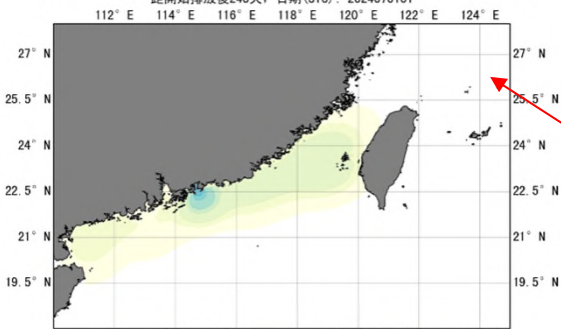
金門 → 澎湖 → 馬祖 → 西部 / 北部 → 西南 → 南部 → 東部

★ 由2023年11月於大亞灣排放的氙水，在隔年春夏之際開始影響臺灣。

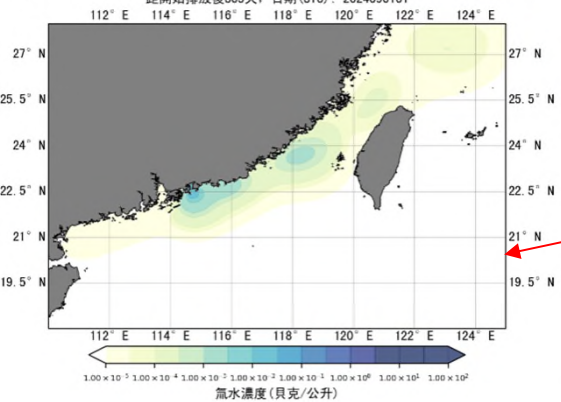
# 大亞灣電廠



含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



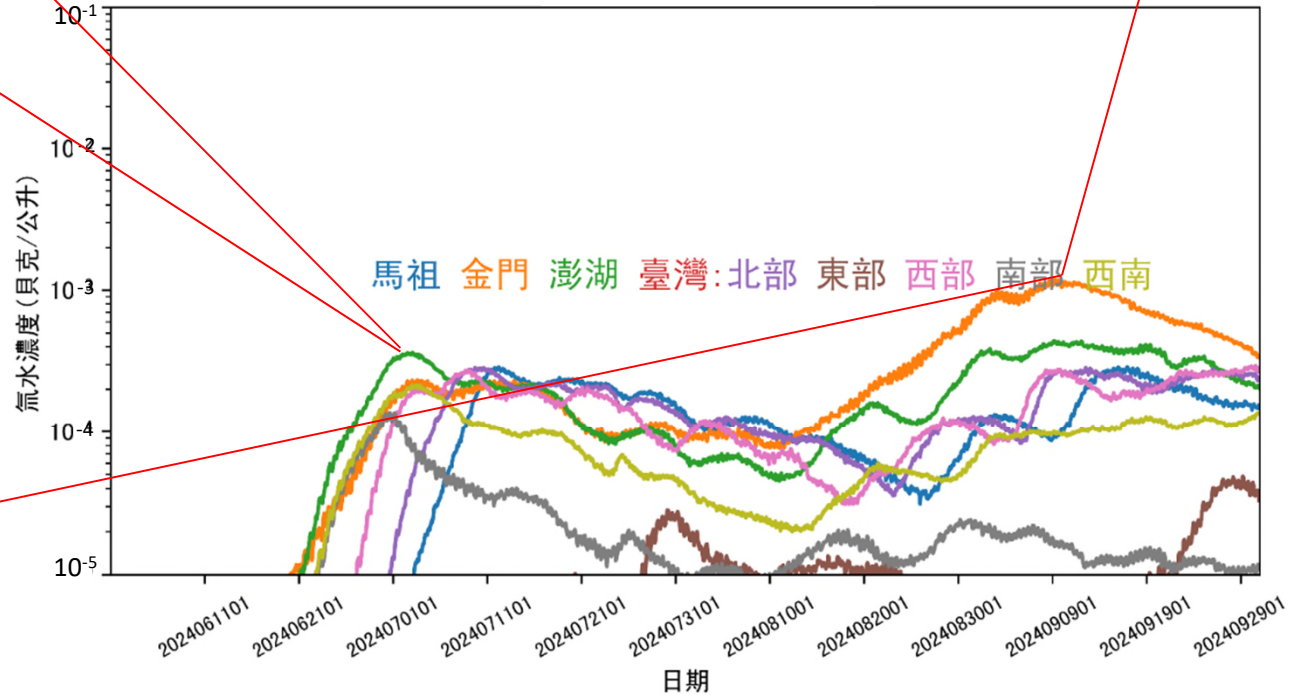
含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



## 各地區氫濃度最大值逐時變化

20240601-20241001

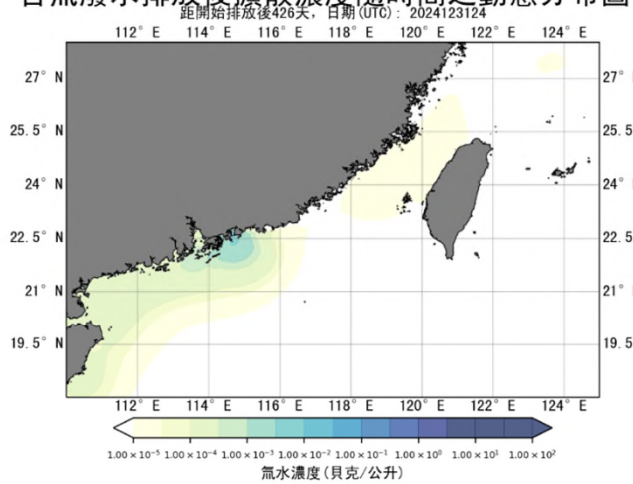
大陸大亞灣電廠案例



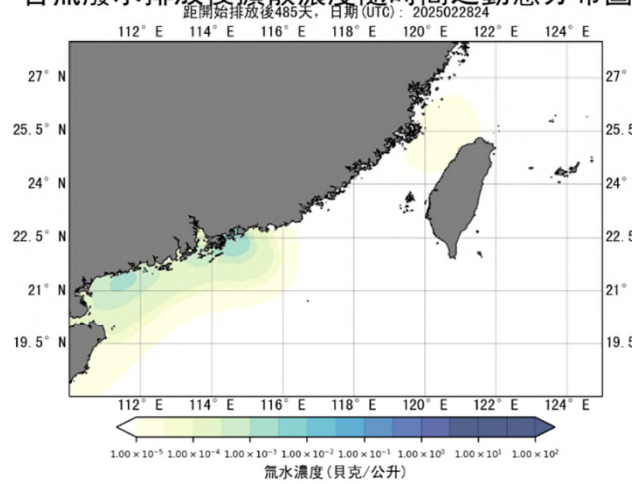
# 大亞灣電廠

## 西北角濃度滯留分析

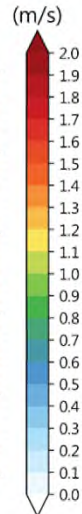
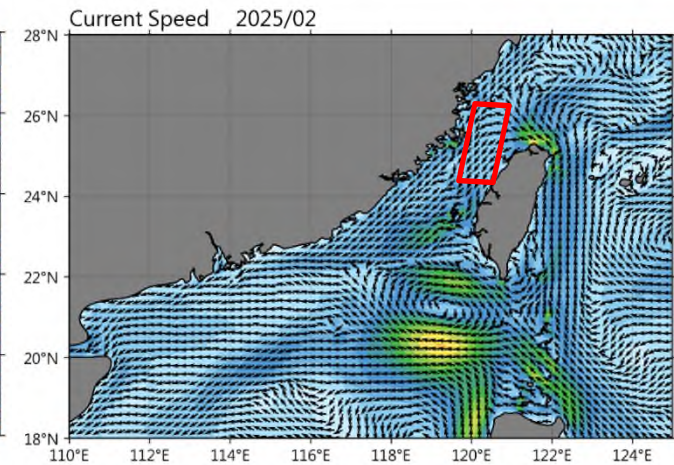
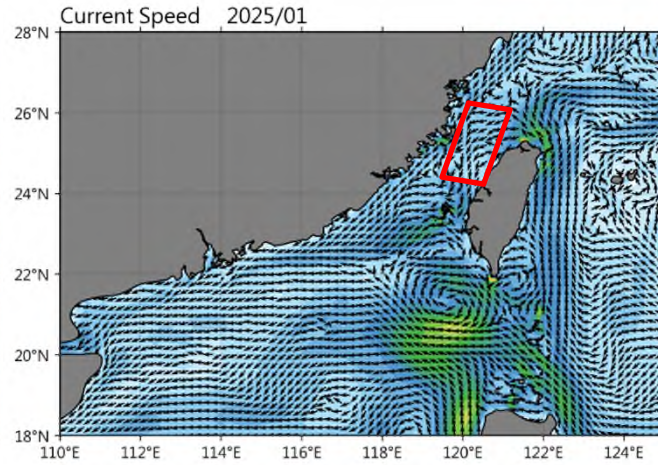
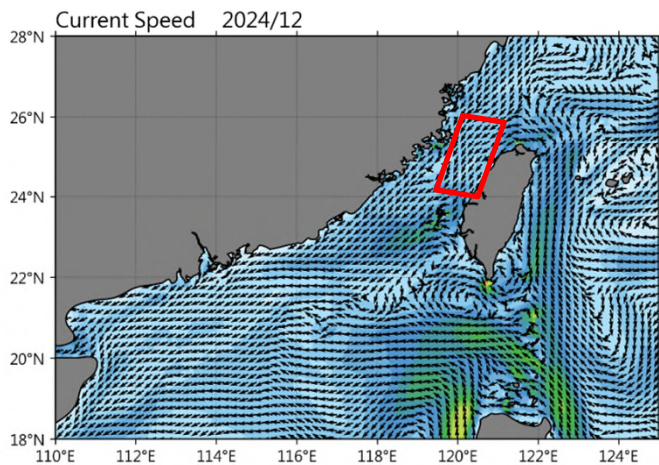
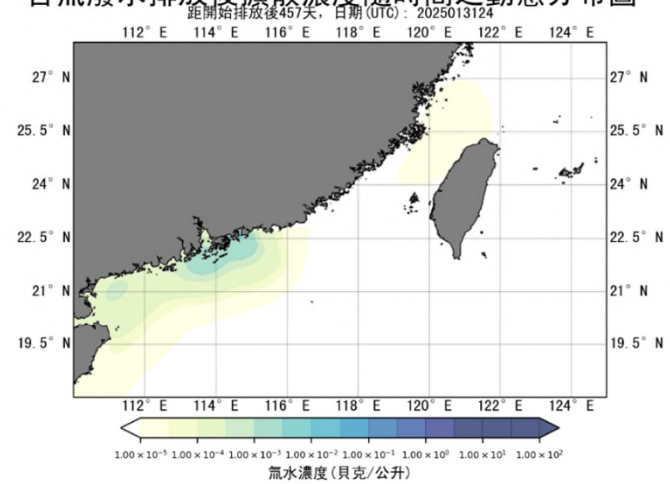
含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖

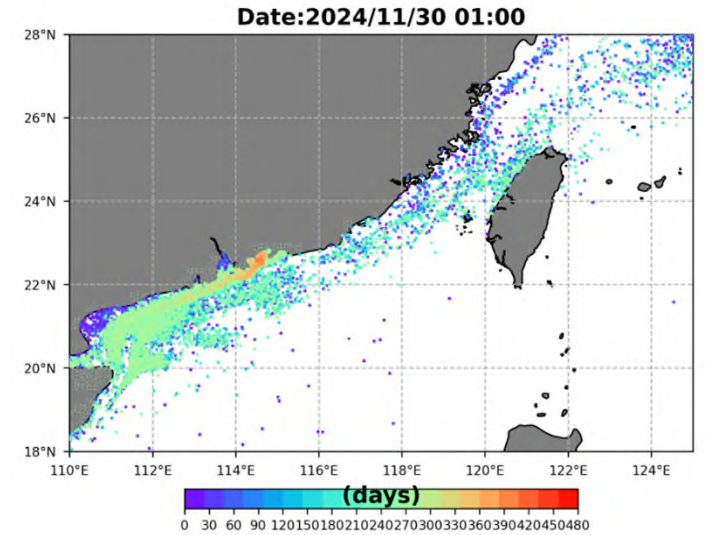
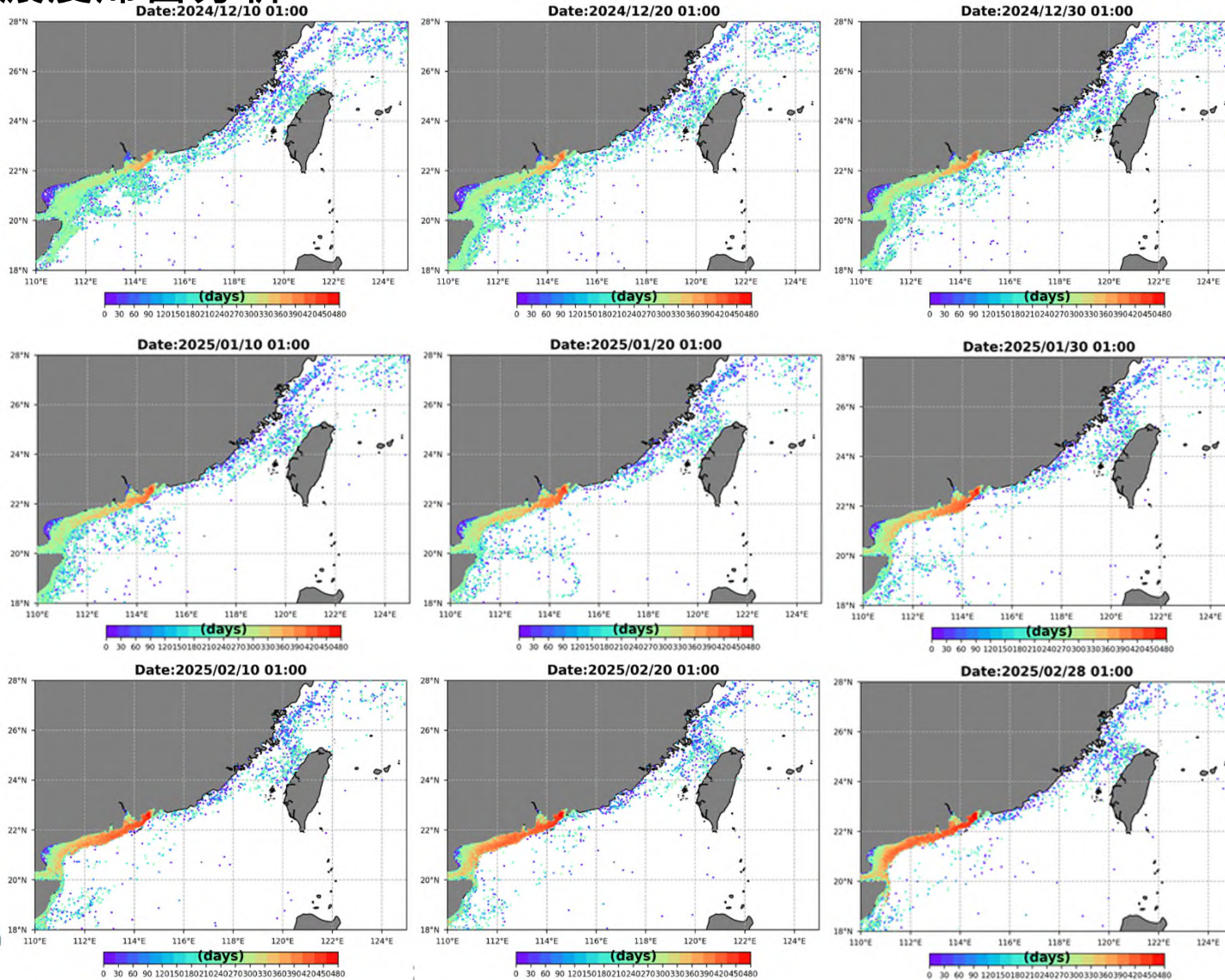


含氫廢水排放後擴散濃度隨時間之動態分布圖



# 大亞灣電廠

## 西北角濃度滯留分析



# 三個電廠比較



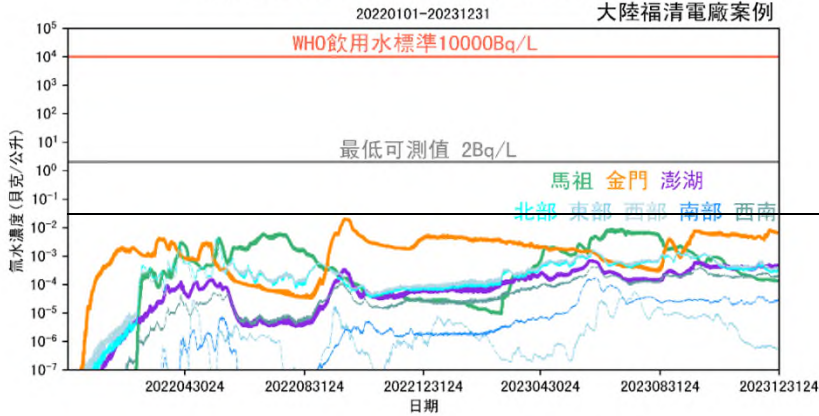
# 核電廠歷史海流擴散案例分析比較

模擬時間:202201~202312 281.1 TBq

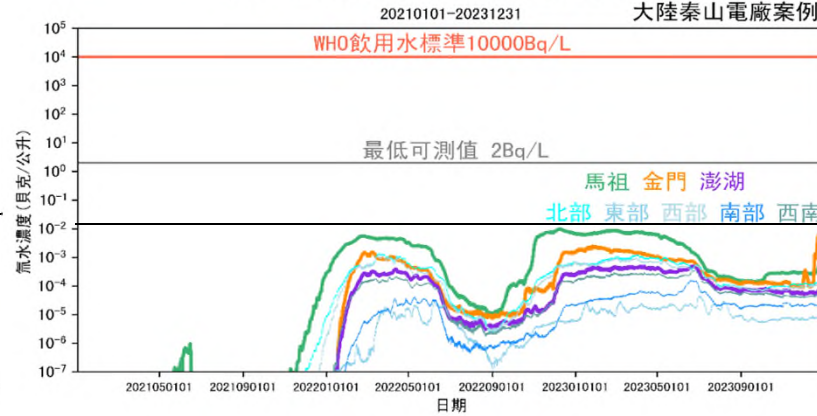
模擬時間:202101~202312 804 TBq

模擬時間:202311~202502 225 TBq

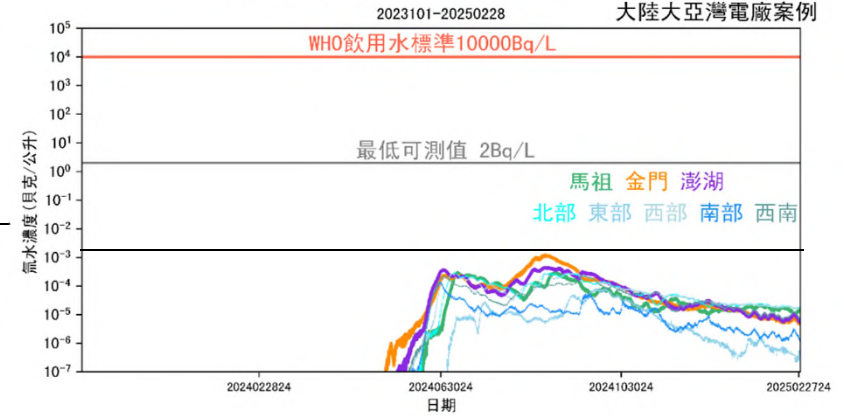
各地區氚濃度最大值逐時變化



各地區氚濃度最大值逐時變化



各地區氚濃度最大值逐時變化



最大值濃度:	福清( $10^{-2}$ )	>	秦山( $10^{-2}$ )	>	大亞灣( $10^{-3}$ )
最大值區域:	金門		馬祖		金門
本島大值區域:	西部		北部		北部與西部
最快影響區域:	金門		馬祖		金門
主要影響季節:	夏季前後		冬季		夏季

這些結果對於未來的環境監測與風險評估具有重要參考價值，可提供未來設置採樣或監測地點的考量，發揮監測站點的預警功能。



簡報結束 敬請指教



Central Weather Administration

# 秦山電廠

