

112年度新北市外來入侵種-綠水龍清除工作委託專業服務 期末報告書

壹、方法

一、綠水龍夜間捕捉移除

綠水龍對於水域及溪流環境高度依賴，白天時警覺性高不易捕捉，因此夜間趁綠水龍睡眠時，以人工沿溪搜尋並以長竿套索進行捕捉移除，為最有效率的捕捉方式。移除人員在移除過程中，記錄移除路線下切與上切點位，並於捕捉到綠水龍時，記錄其經緯度座標與綠水龍的性別狀態（雄性成體、雌性成體、亞成體、初生幼體）。

二、綠水龍移除人力投放規畫

本團隊以每組約 2 人之小組自由出動模式，移除人員攜帶手電筒照明輔以調查。本年度於綠水龍繁殖前月份（4 至 7 月）提高移除強度，已達增加移除效率及阻斷繁殖之目的。考量五重溪地形相對複雜且支流眾多，人力投放比例約為五重溪比紅水仙溪 7：3。



圖 3、綠水龍移除施作照片。

三、 移除個體保存與後續處理

移除個體採用低溫安樂死 (Shine et al., 2015)，之後以冷凍保存遺體。後續遺體清點完畢後，優先作為研究教育用途，因此全數遺體提供國立嘉義大學陳宣汶老師進行寄生蟲研究。

四、 移除範圍

本團隊針對目前台灣兩個綠水龍獨立入侵族群（安坑五重溪流域 與林口紅水仙溪流域），及新北市境內民眾通報綠水龍出沒地區為移除範圍，參考 2022 年兩流域之移除點位，亦對其周邊水域及支流進行調查，必要時投放人力予以移除。

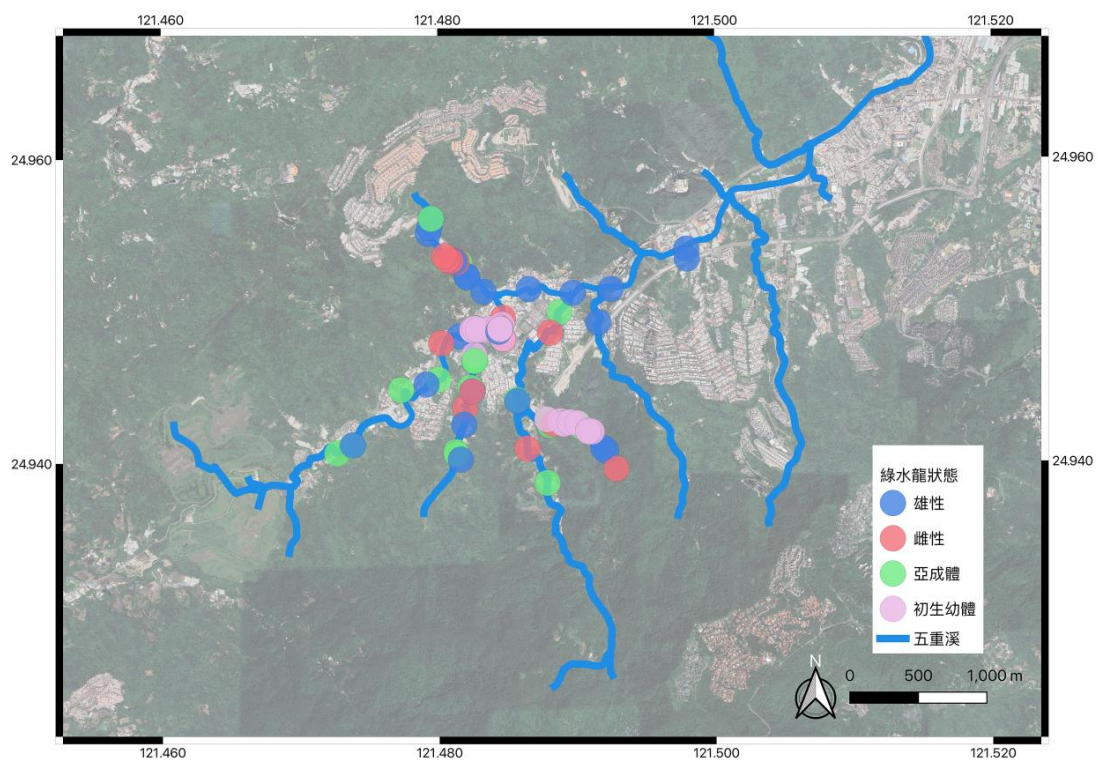


圖 4、安坑五重溪流域 2022 年移除個體分佈圖。

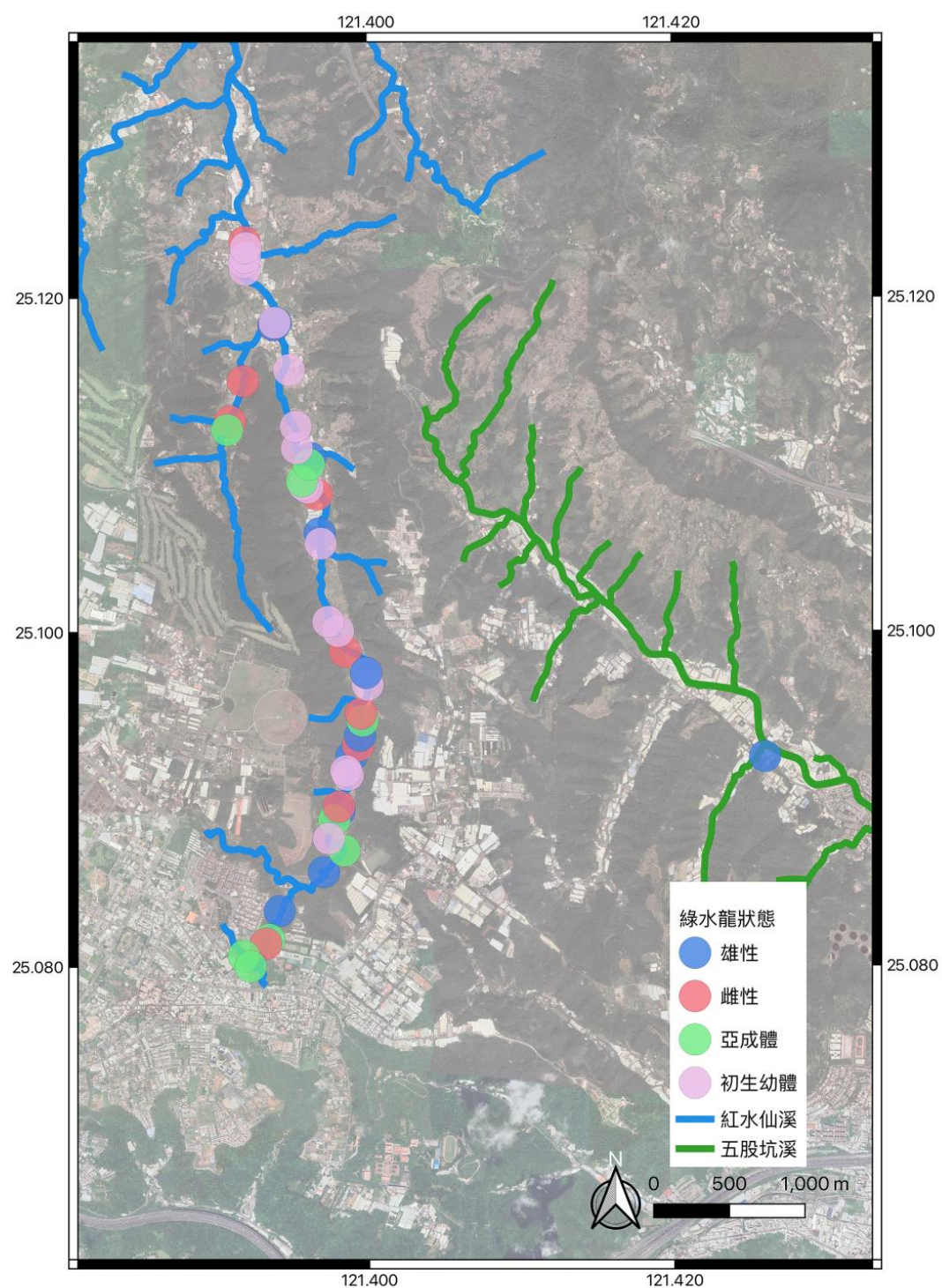


圖 5、林口紅水仙溪流域 2022 年移除個體分佈圖。

貳、 成果與討論

一、 人力資源分配

本年度原核定 272 人次，然而外來種動物移除進入後半段，極易面臨難以捕捉的情況，導致遲遲未出現壓倒族群量的最後一根稻草。考量綠水龍族群進入難以捕捉的窘境，為避免族群量出現反彈，本團隊因局勢所需而自主增加 14 人次移除行動。

最終，本年度總計投入 286 人次，其中包含五重溪 173 人次、紅水仙溪 100 人次，及 13 次支援民眾移除（含 1 人次綠水龍，12 人次綠鬣蜥）（圖 6、表 1）。與過往計畫執行不同，本年度將移除時間提早至 4 月（圖 7），透過提早移除雌性成體來減少其下蛋，本團隊認為此策略有達成效，並於報告內文詳細說明。

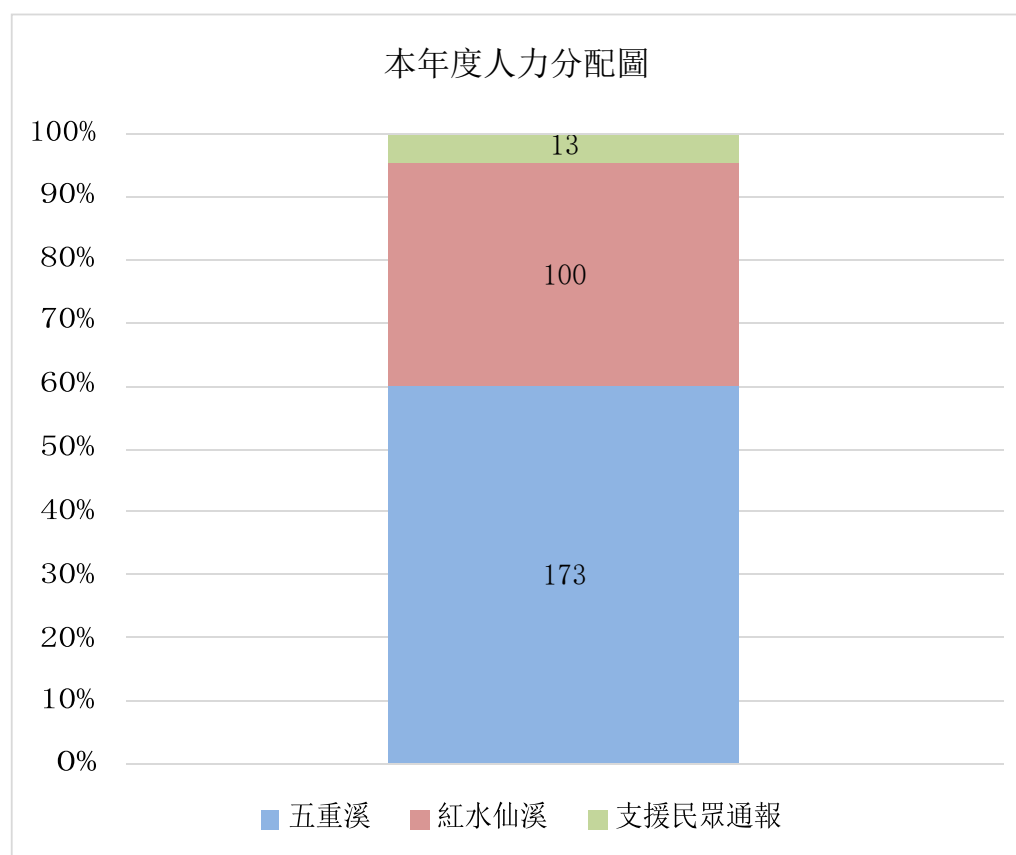


圖 6、人力資源使用分配圖。

表 1、人力資源分配細項表。

物種	綠水龍			綠鬣蜥	總和
地點	五重溪	紅水仙溪	支援民眾通報	支援民眾通報	
人次	173	100	1	12	286

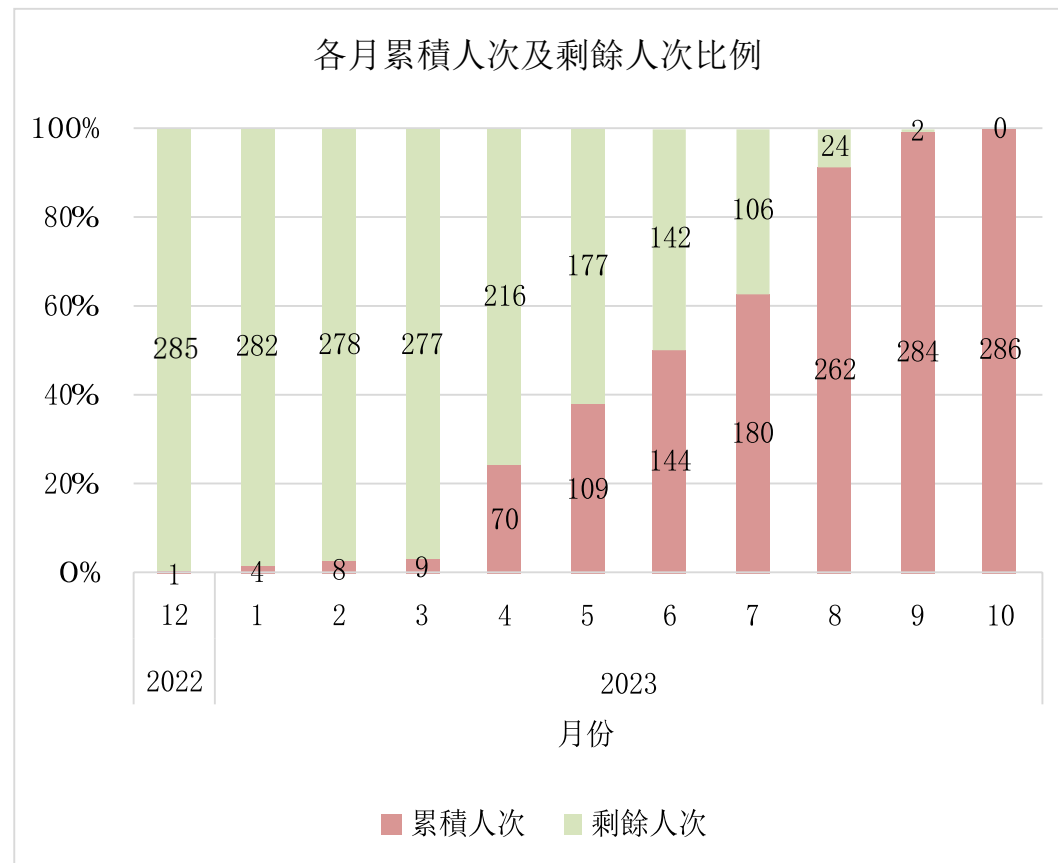


圖 7、人力資源使用月變化圖。

二、 移除成果評估

總結本年度執行成果，累積捕捉綠水龍166隻次，以亞成體77隻次為最高（46.4%），其次依序為雄性成體35隻次（21.1%）、雌性成體 29隻次（17.5%），及初生幼體25隻次（15.1%）。此結果與2022年調查相比，可視綠水龍的族群組成出現改變，雄性與雌性成體未有明顯差異，但亞成體的比例明顯增加，初生幼體的比例明顯減少（圖8、表2）。顯示本年度提早至4月投放大量人力進行捕捉，可透過提早削減雌性綠水龍成體數量，而對綠水龍族群造成擾動，進而減少本年度孵化的初生幼體數量。因此，未來計畫的執行時間點，可能攸關該年度綠水龍移除成效，若可於4月進行捕捉，應有最佳的移除效果。

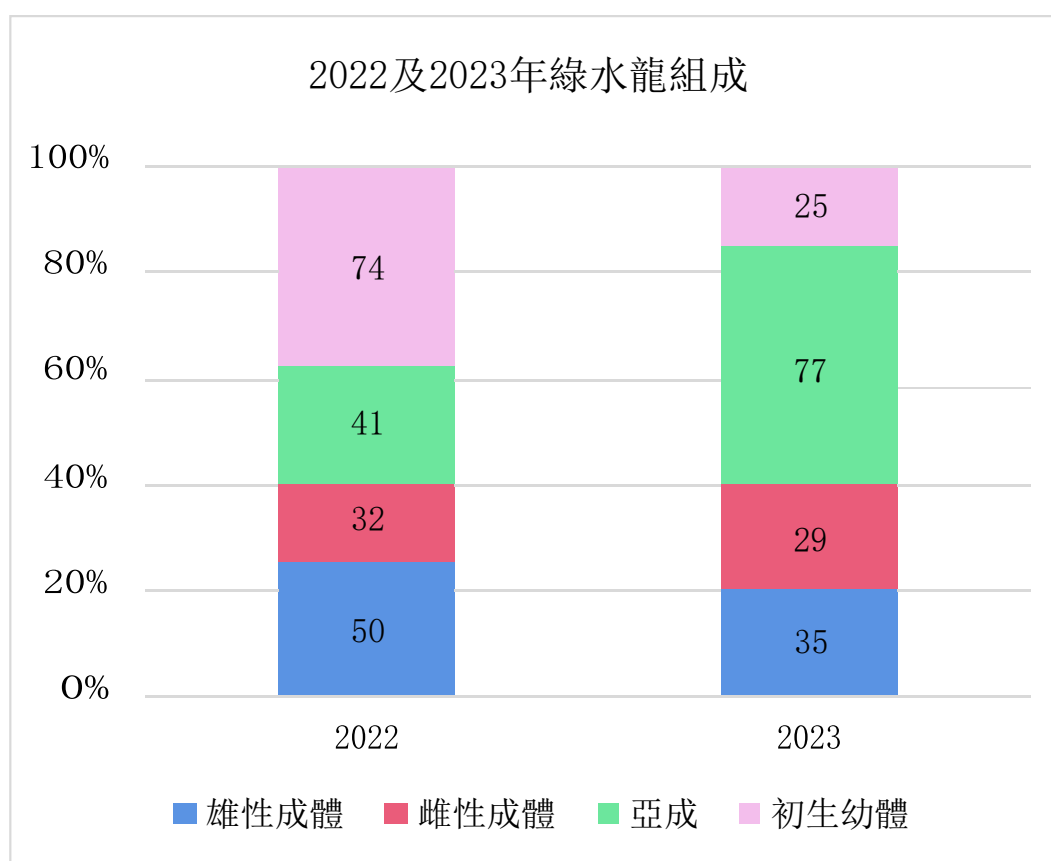


圖 8、兩年移除計畫綠水龍組成比較。

表 2、兩年移除計畫綠水龍組成比較。

年	綠水龍狀態				總計
	雄性成體	雌性成體	亞成	初生幼體	
隻 2022	50	32	41	74	197
次 2023	35	29	77	25	166
比 2022	25.4%	16.2%	20.8%	37.6%	100%
例 2023	21.1%	17.5%	46.4%	15.1%	100%

若依照樣區進行資料彙整，五重溪本次共捕捉綠水龍 97 隻次，紅水仙溪 69 隻次，從捕獲個體的狀態組成，可視兩流域之族群以亞成體為主，表示去年或年前出生之部分幼體殘存於野外未被捕捉。此外，兩樣區的初生幼體數量，在族群組成內之比例偏低（圖 9、表 3），再度證實提早至 4 月進行移除，於兩樣區皆有顯著成效。值得未來持續觀察此成效之再現性，及往後幾年的族群數量是否因此下降。

由於五重溪地形複雜且流域廣泛，因此我們投入 60.5%人力進行移除，此策略使五重溪有較高的綠水龍捕捉數量，若將兩樣區的捕捉數量除以投放之移除人次，五重溪每人次可捕捉 1.78 隻綠水龍，紅水仙溪為每人次可捕捉 1.45 隻綠水龍，投入較多的移除人次可獲得較高的捕捉數量，此結果合乎常理。

若將本計畫的捕捉隻次依月份進行比較，可發現綠水龍族群在 4 月及 8 月有兩個數量高峰期，但兩樣區在 4 月及 8 月的族群組成以亞成體為主，8 月則相較其他月份增加許多初生幼體（圖 10、表 4）。若細看兩樣區之綠水龍組成數量月變化，可視五重溪的綠水龍數量於 4 月時略高於 8 月（圖 11、表 5），紅水仙溪的數量則為 8 月略高於 4 月，且紅水仙溪在 8 月份的初生幼體捕捉量略高於亞成體（圖 12、表 6）。

透過此比較，我們可推斷 4 月投入移除手段，可能對往後幾個月的綠水龍族群造成負面影響。然而，隨著綠水龍開始配對繁殖後，則因初生幼體的出現，使得族群數量開始反彈。雖然本計畫的執行策略已造成本年度初生幼體大幅減少，但初生幼體數量仍佔水龍族群一定比例，並且可能影響往後幾年的亞成體數量，因此未來在初生幼體大幅孵化的時節，應可視情況所需增加移除人力配比。

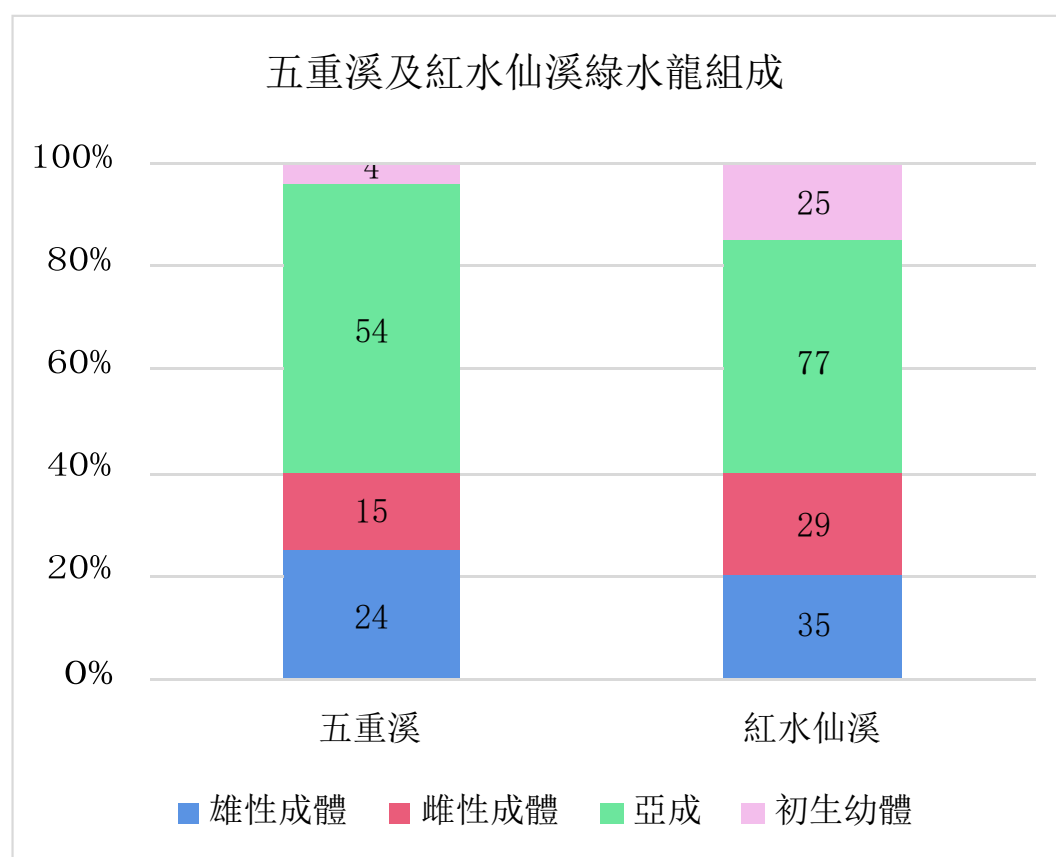


圖 9、五重溪及紅水仙溪捕獲之綠水龍組成。

表 3、五重溪及紅水仙溪捕獲之綠水龍組成。

樣區	綠水龍狀態				總計
	雄性成體	雌性成體	亞成	初生幼體	
五重溪	24	15	54	4	197
紅水仙溪	35	29	77	25	166
五重溪	24.7%	15.5%	55.7%	4.1%	100%
紅水仙溪	21.1%	17.5%	46.4%	15.1%	100%

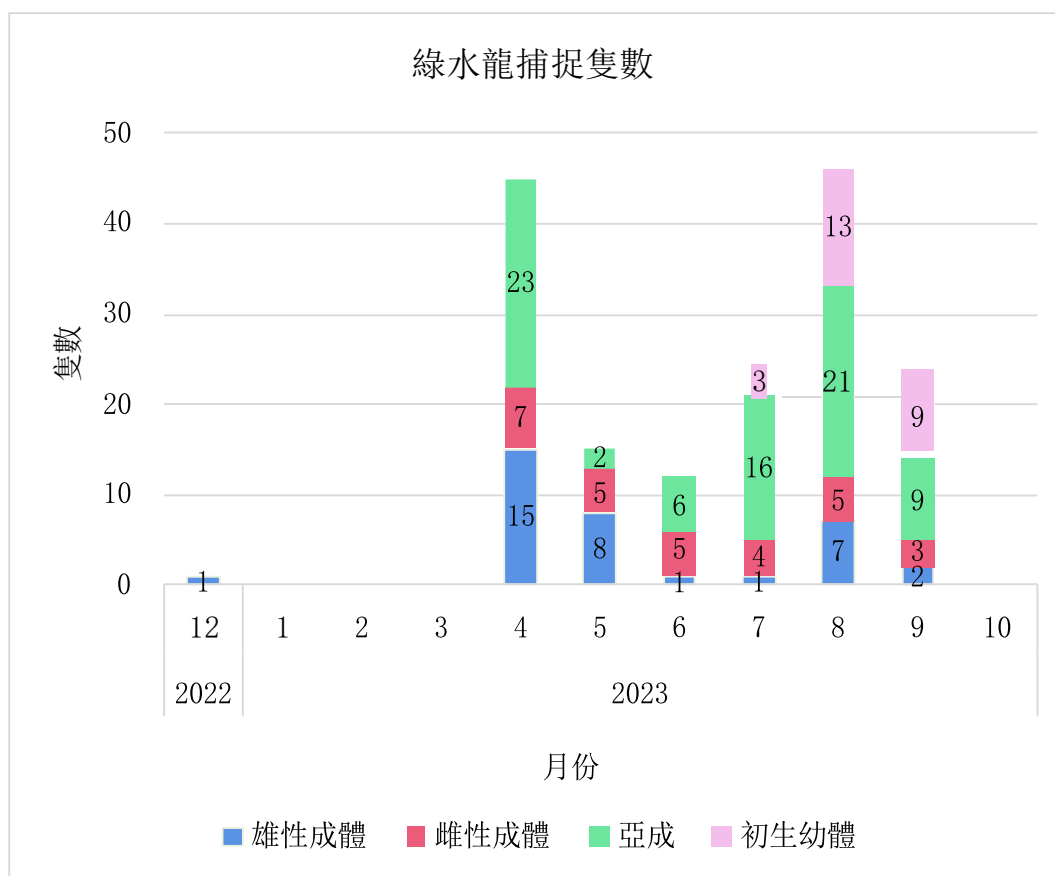


圖 10、本計畫於新北市捕獲之綠水龍組成月變化。

表 4、新北市捕獲之綠水龍組成月變化。

年	月	綠水龍狀態				總計
		雄性成體	雌性成體	亞成	初生幼體	
2022	12	1				1
2023	1					0
	2					0
	3					0
	4	15	7	23		45
	5	8	5	2		15
	6	1	5	6		12
	7	1	4	16	3	24
	8	7	5	21	13	46
	9	2	3	9	9	23
	10					0
總計		35	29	77	25	166

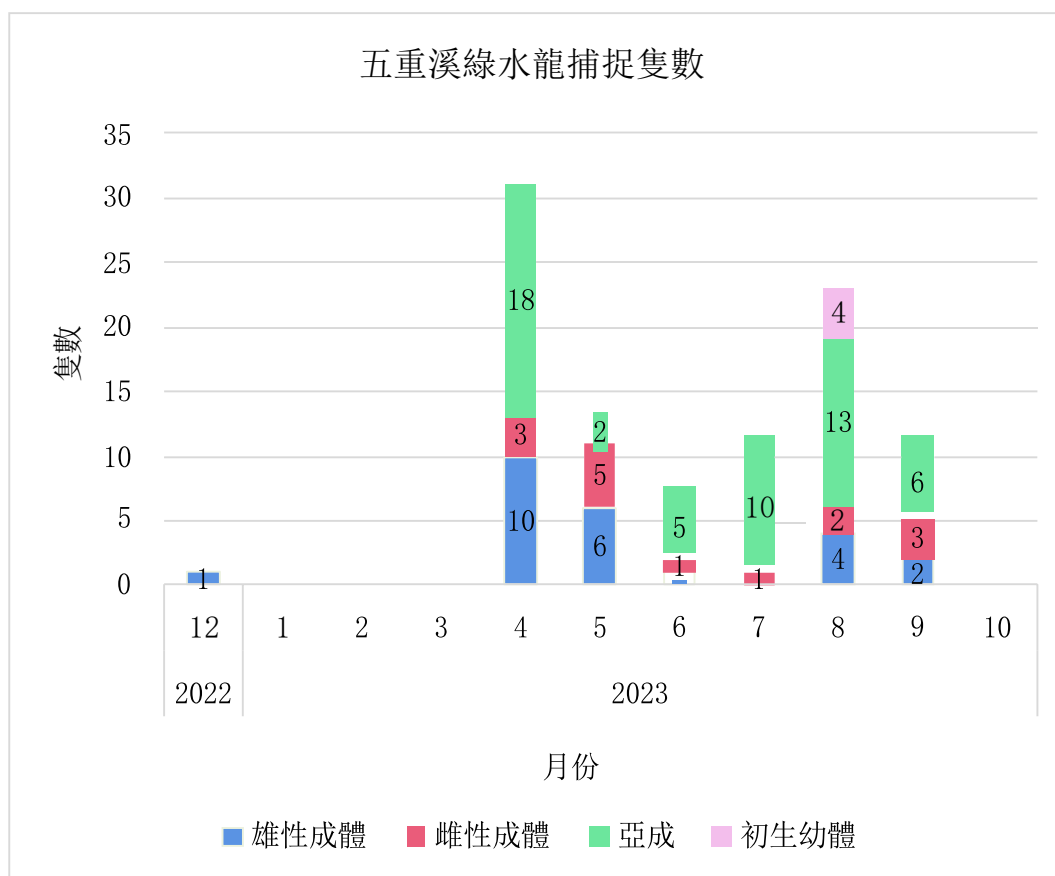


圖 11、五重溪捕獲之綠水龍組成月變化。

表 5、五重溪捕獲之綠水龍組成月變化。

年	月	綠水龍狀態				總計
		雄性成體	雌性成體	亞成	初生幼體	
2022	12	1				1
2023	1					0
	2					0
	3					0
	4	10	3	18		31
	5	6	5	2		13
	6	1	1	5		7
	7		1	10		11
	8	4	2	13	4	23
	9	2	3	6		11
	10					0
總計		24	15	54	4	97

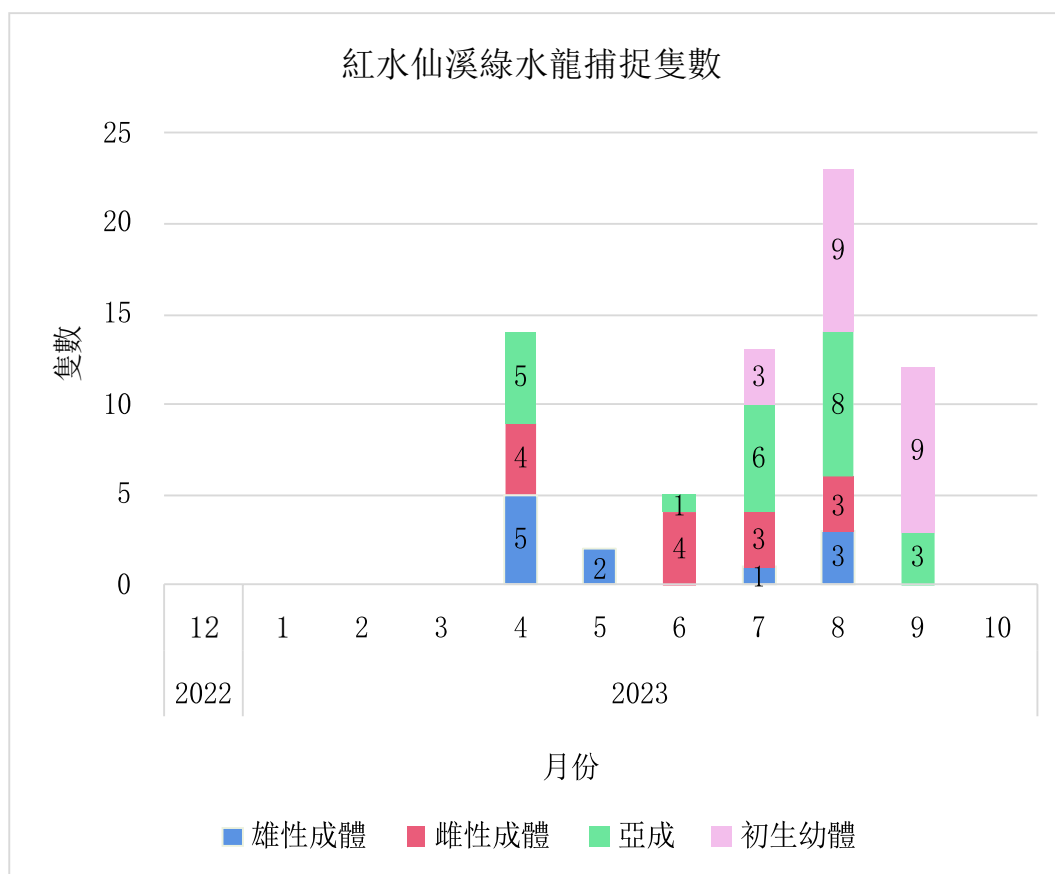


圖 12、紅水仙溪捕獲之綠水龍組成月變化。

表 6、紅水仙溪捕獲之綠水龍組成月變化。

年	月	綠水龍狀態				總計
		雄性成體	雌性成體	亞成	初生幼體	
2022	12					0
2023	1					0
	2					0
	3					0
	4	5	4	5		14
	5	2				2
	6		4	1		5
	7	1	3	6	3	13
	8	3	3	8	9	23
	9			3	9	12
	10					0
總計		11	14	23	21	69

三、 綠水龍兩年間數量變化

為滾動式檢討移除策略與成效，我們將本計畫捕捉成果與 2022 年捕捉資料進行比較，然而 2022 年 8 月至 9 月上旬投入的移除人力較少，因此兩年度的 8 月及 9 月初的數據參考價值偏低，考量每年的數據取得不易，本報告仍將數據呈現供各方參考，詳述如下：

兩樣區的雄性成體，在本年 4 月開始大規模捕捉後，往後兩至三個月的雄性數量明顯減少，但兩樣區的雄性個體，數量在 8 月可能因繁殖季節而出現反彈，在即時投入人力資源進行移除後，9 月便可觀察到數量再次減少的現象（圖 13、14、15）。反觀 2022 年，五重溪的雄性成體在 6、7、9、10 月皆有震盪向上的風險，紅水仙溪則在 6 月數量向上增長，之後又有減少的現象（圖 13、14、15）。綜合比較下，本年度的移除策略，於雄性成體移除成果應較 2022 年佳。

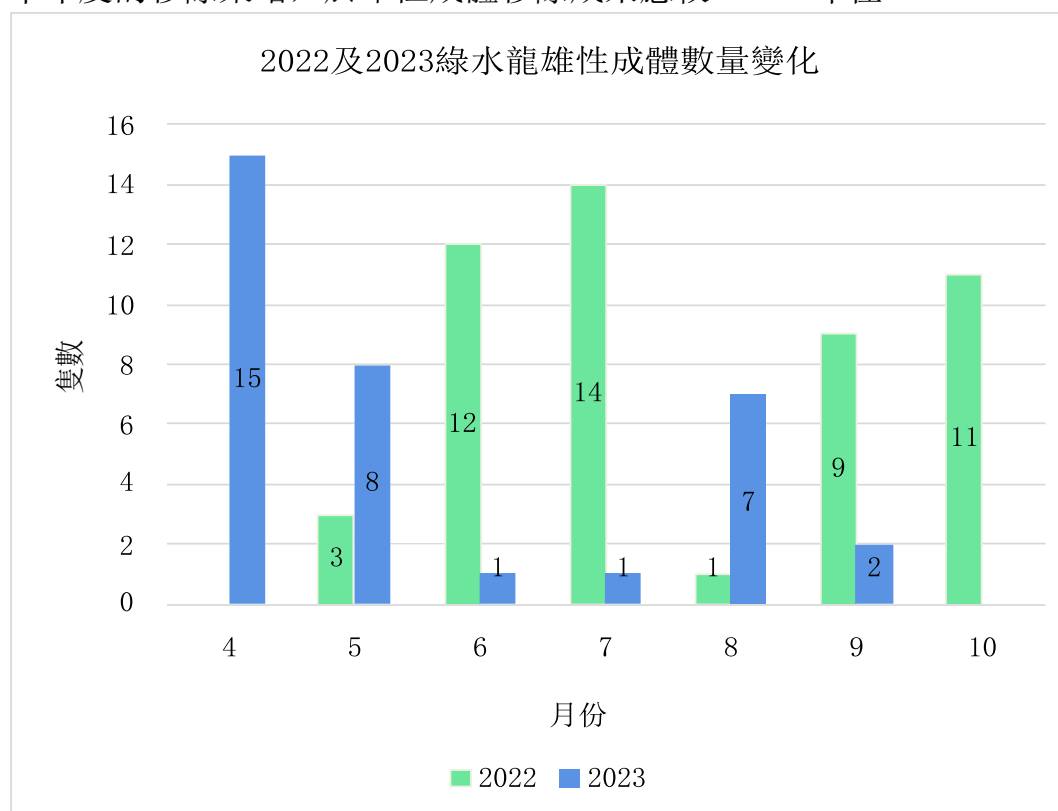


圖 13、新北市綠水龍雄性成體於 2022 與 2023 年月變化。

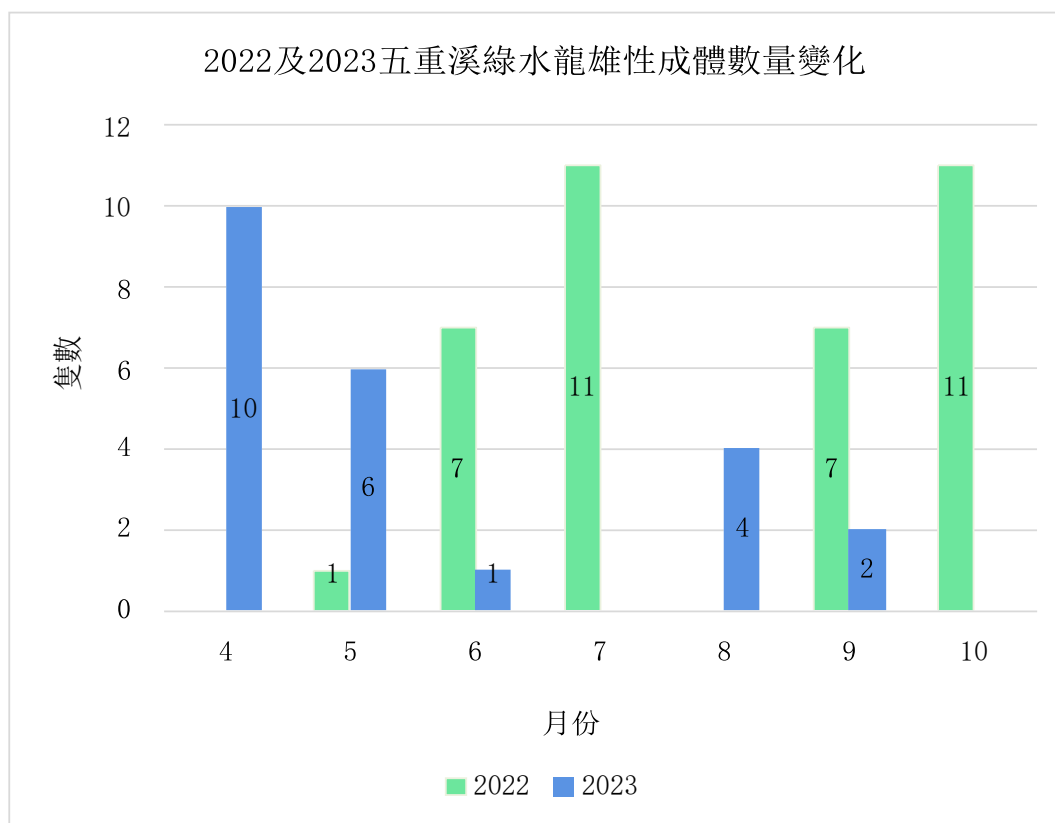


圖 14、五重溪綠水龍雄性成體於 2022 與 2023 年月變化。

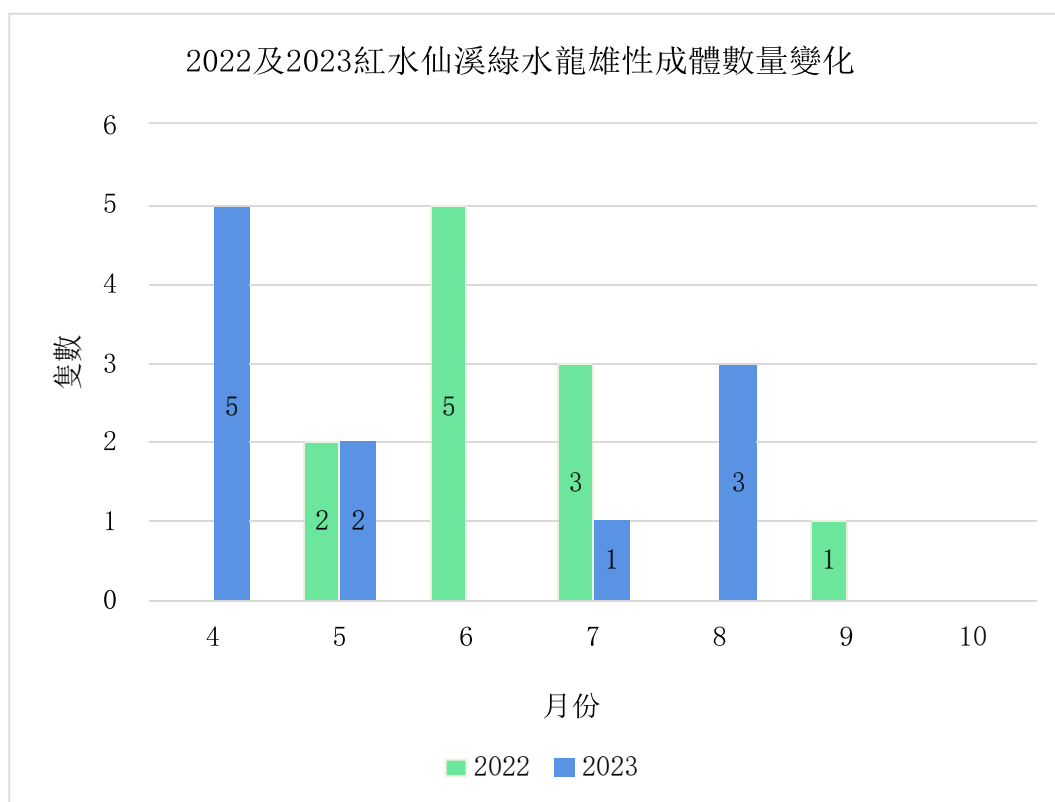


圖 15、紅水仙溪綠水龍雄性成體於 2022 與 2023 年月變化。

前文已提及於 2022 及 2023 年捕捉的雌性成體總數未有明顯變化(圖 8)，雖然兩年間總數沒明顯差異，但 2023 年兩樣區雌性成體的總捕捉數量逐月緩慢下降，2022 年的捕捉數則呈震盪(圖 16)。若依樣區細看數據，在五重溪流域，本年度 4 月先投入人力進行移除後，可發現往後數月雌性成體數量有減少的現象，但於 9 月開始些微上升，然 2022 年的捕捉結果，則未觀察到數量曾有逐月減少的趨勢(圖 17)紅水仙溪流域的雌性成體數量變化則與五重溪有異，在 2022 與 2023 年雌性成體的數量從年中至年末皆有些微減少的現象(圖 18)。整體而言，提早於 4 月進行移除，對雌性成體的數量可能有減少的作用，但在繁殖季仍存數量回升之風險，不得掉以輕心。

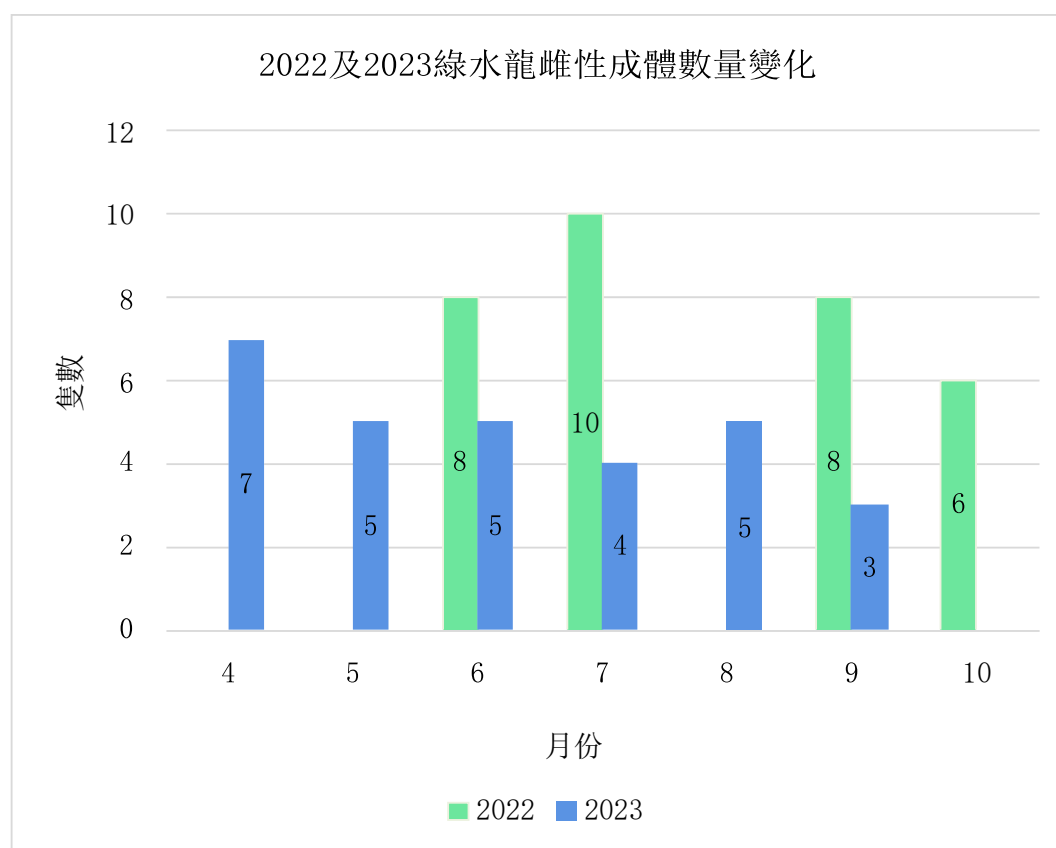


圖 16、新北市綠水龍雌性成體於 2022 與 2023 年月變化。

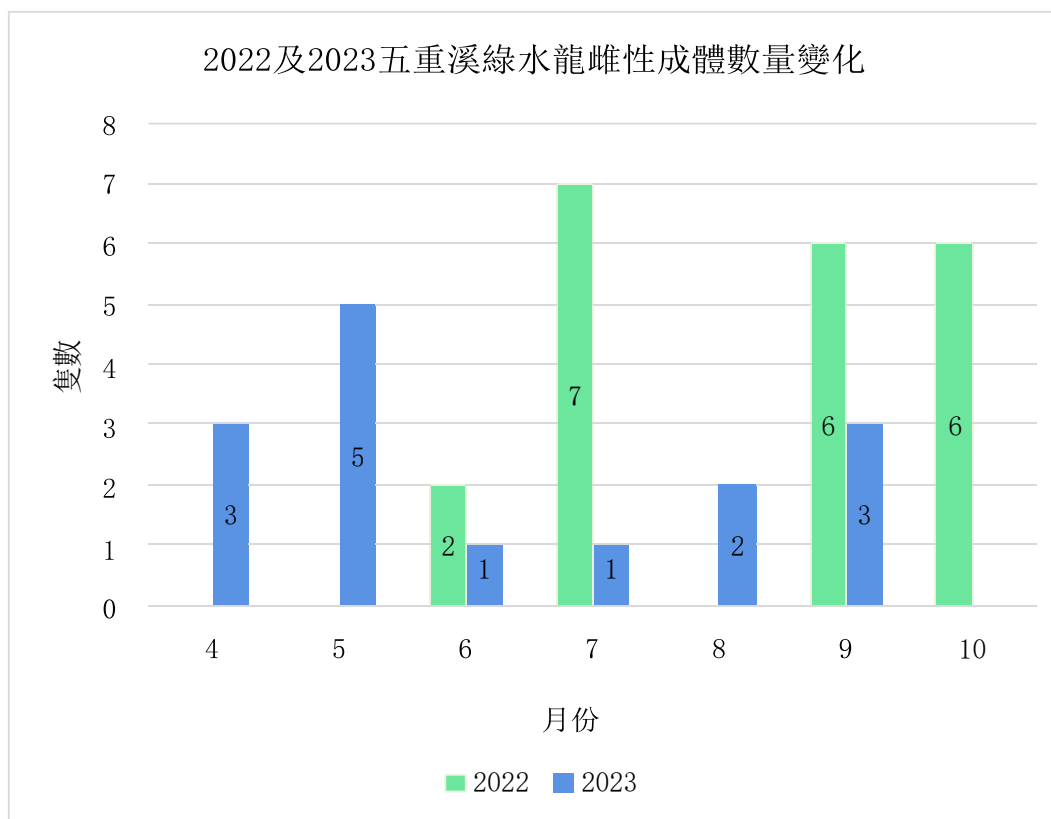


圖 17、五重溪綠水龍雌性成體於 2022 與 2023 年月變化。

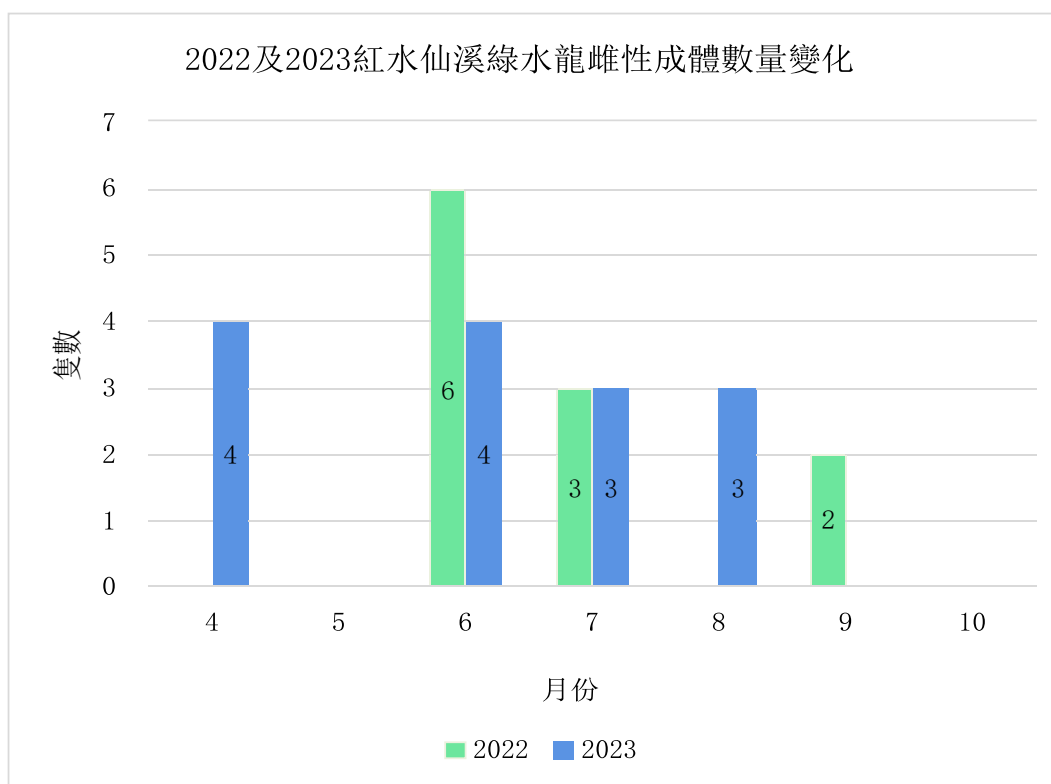


圖 18、紅水仙溪綠水龍雌性成體於 2022 與 2023 年月變化。

在亞成體的數量月變化中，可發現兩年度 5 至 7 月的整體數量變化皆有逐漸增加的趨勢，並在年末有減少的現象（圖 19）。目前缺乏文獻探討，難以判斷此數量變動的原因，但本年度的捕捉成果，證實提早至 4 月進行移除之必要，因為 4 月捕捉到數量相對多的亞成體，尤其是五重溪流域（圖 20、21）。此外，4 月移除的亞成體，可能為前一年未被捕捉之幼體，在 4 月將其移除，亦助於減少往後繁殖季綠水龍成體的數量。

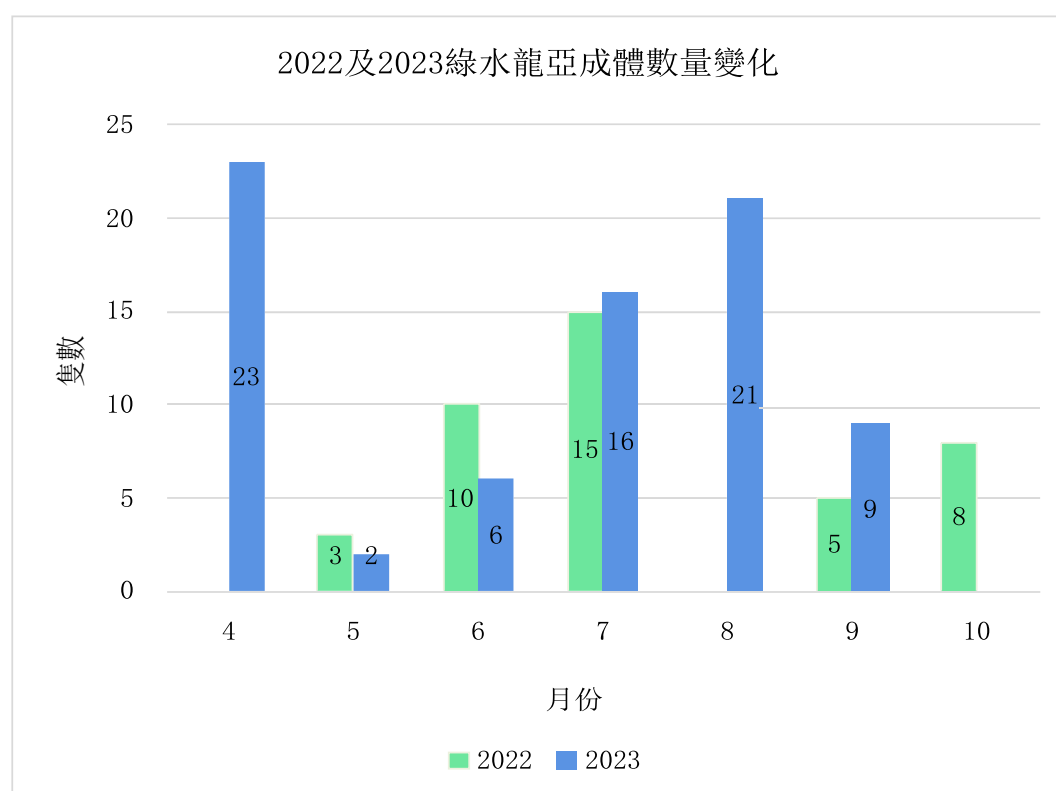


圖 19、新北市綠水龍亞成體於 2022 與 2023 年月變化。

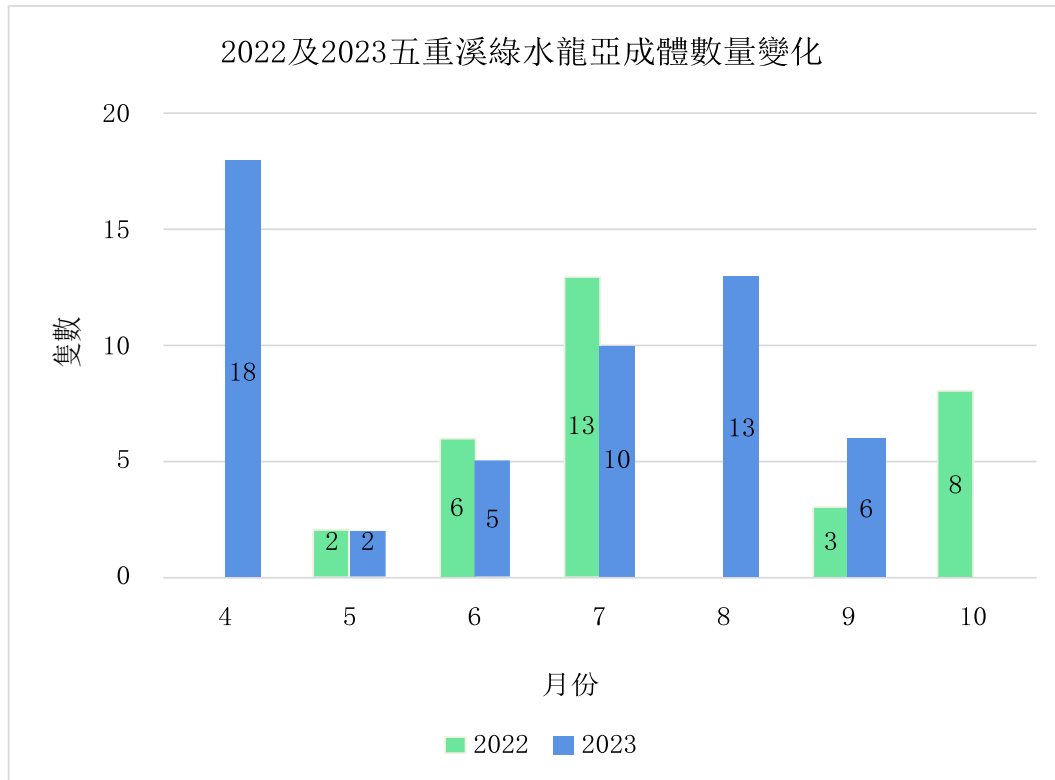


圖 20、五重溪綠水龍亞成體於 2022 與 2023 年月變化。

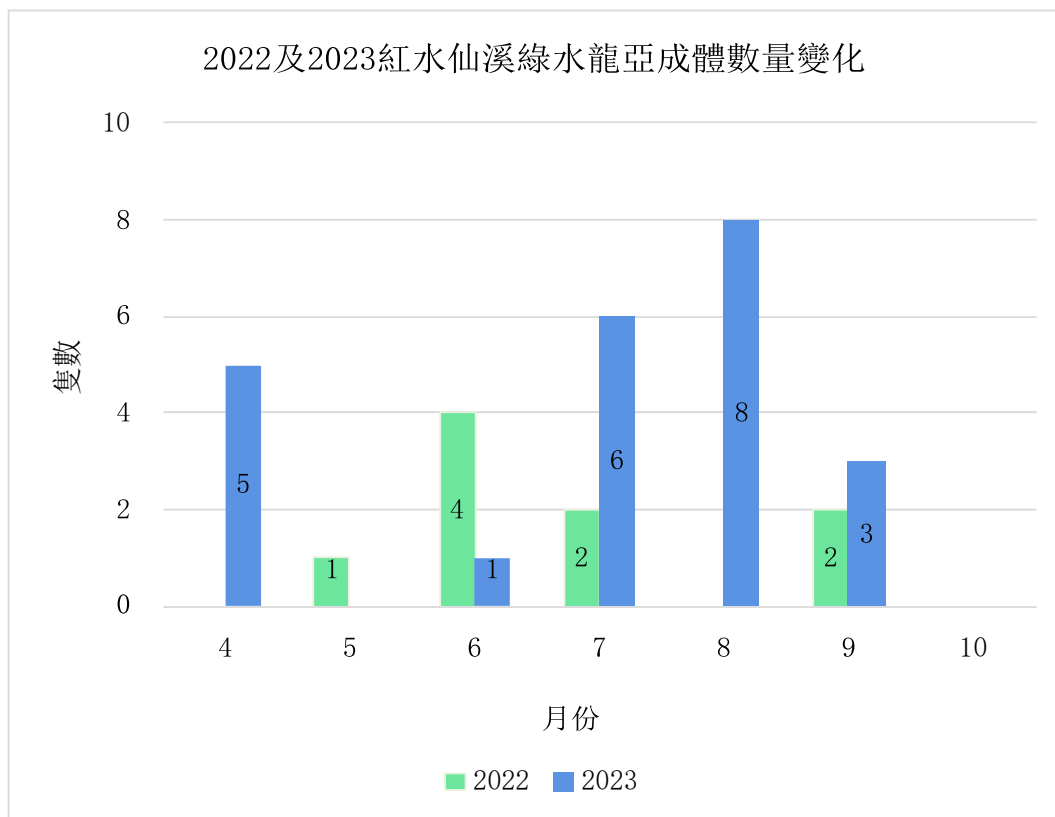


圖 21、紅水仙溪綠水龍亞成體於 2022 與 2023 年月變化。

初生幼體數量減少，為本年度調整策略之成果。圖 8 呈現初生幼體從 2002 年的 74 隻，至 2023 年減少為 25 隻，兩樣區的初生幼體總和及月變化圖，可發現 2023 年初生幼體最早至 7 月被捕捉（7/31），8 月數量達高峰後，9 月隨即些微下。2022 年的初生幼體則最早於 9 月被捕捉，然而該年 8 月投放人力較少，因此 8 月是否存在初生幼體不得而知（圖 22）。透過兩年度的比較，顯示本年度於 4 月投放人力的移除策略，有助於減少初生幼體的數量，並可壓抑初生幼體數量不在孵化期快速增長，此一結果在五重溪流域最為顯著，該流域今年初生幼體只捕捉到 4 隻（圖 23），而紅水仙溪則顯示，2023 年初生幼體雖然在 8 月增加，但 9 月數量並未明顯增長（圖 24）。

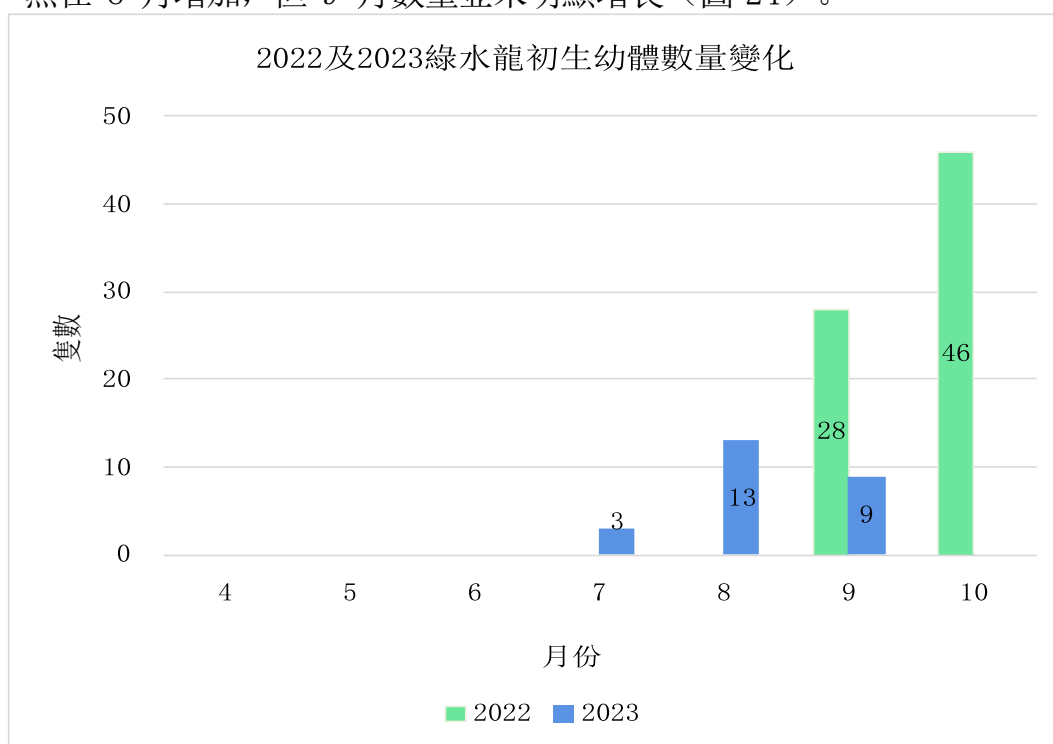


圖 22、新北市綠水龍初生幼體於 2022 與 2023 年月變化。

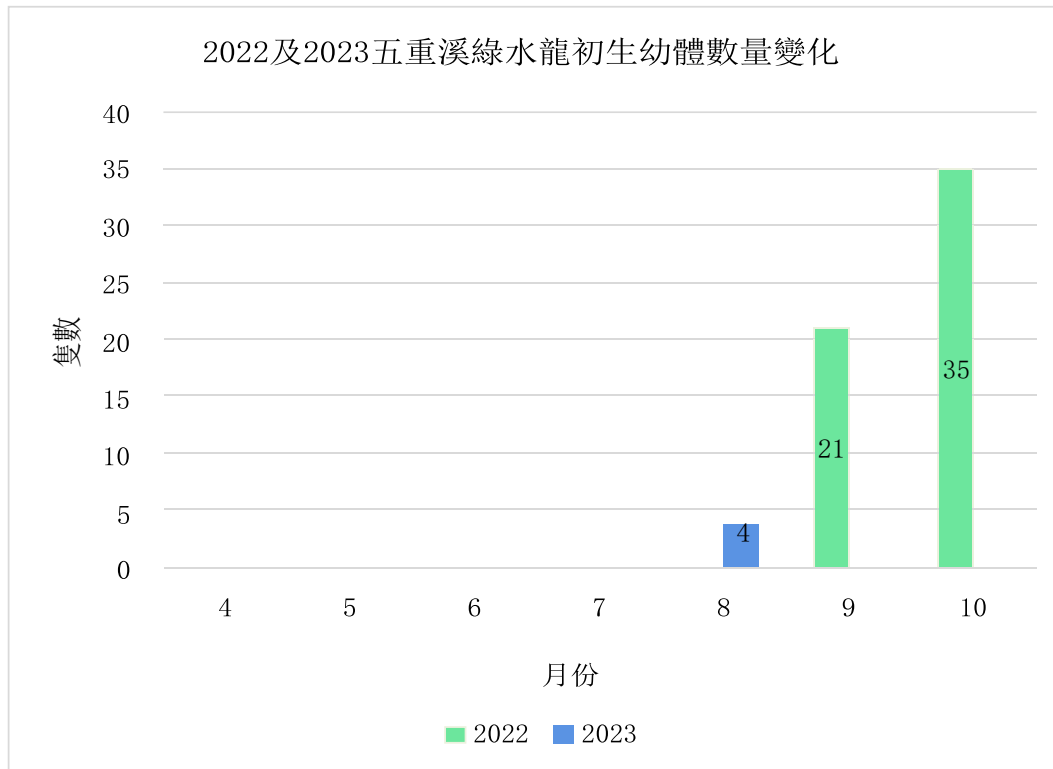


圖 23、五重溪綠水龍初生幼體於 2022 與 2023 年月變化。

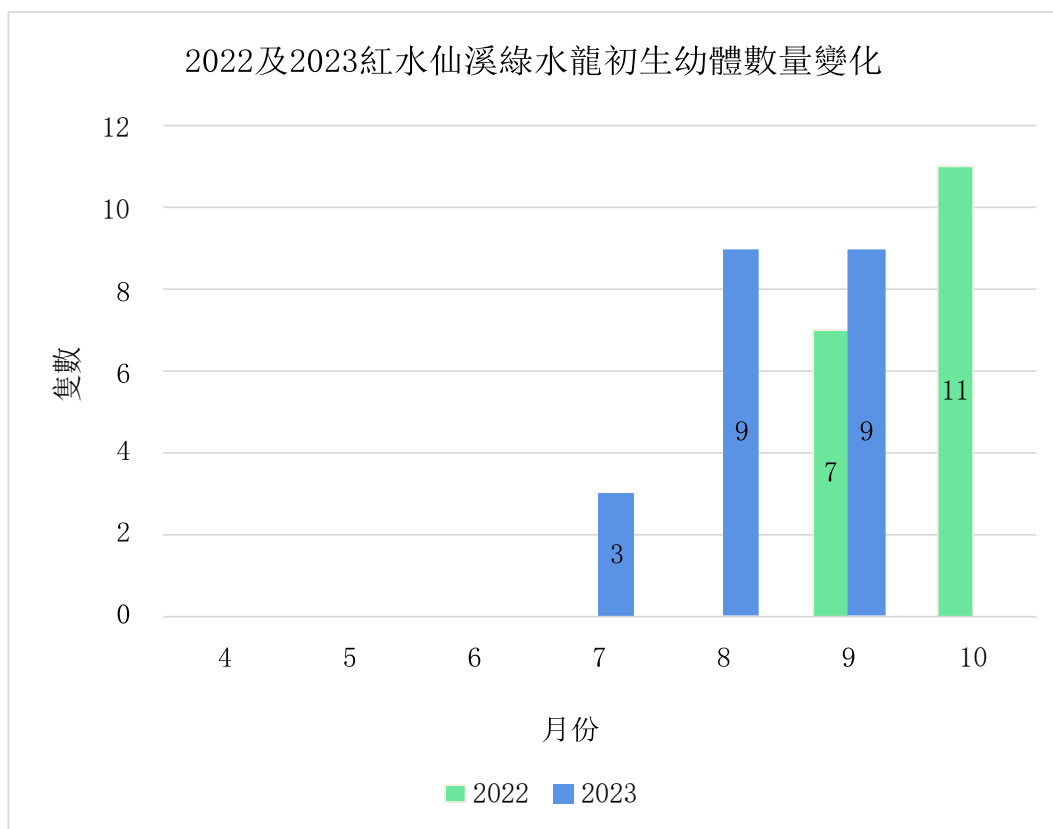


圖 24、紅水仙溪綠水龍初生幼體於 2022 與 2023 年月變化。

四、 綠水龍熱區及變化

我們將捕捉到的綠水龍座標位置，透過地理資訊軟體（QGIS 3.26 版本）呈現於航照圖上，利用空間資訊了解綠水龍分佈概況。從地圖可視綠水龍廣泛分佈於五重溪流域（圖 25），多條支流皆有捕捉個體，並且成體及亞成體移動能力較佳，相對於初生幼體分佈廣泛（圖 26、27）。圖中顯示本年度初生幼體之熱區，可供未來移除計畫之調查路線參考。

紅水仙溪捕捉到的綠水龍同樣遍佈整條流域，但溪流上游密度相對高（圖 28），林口區第二公墓為本年度密度最高之熱區，與五重溪流域相似，紅水仙溪的成體與亞成體同樣分佈廣泛（圖 29），初生幼體則不連續分佈（圖 30）。值得慶幸的是，兩樣區綠水龍被捕捉的位置皆沿著河川分佈，顯示綠水龍對河流依賴度高，本年度鄰近流域也未發現其他綠水龍個體，因此族群暫無擴散現象。

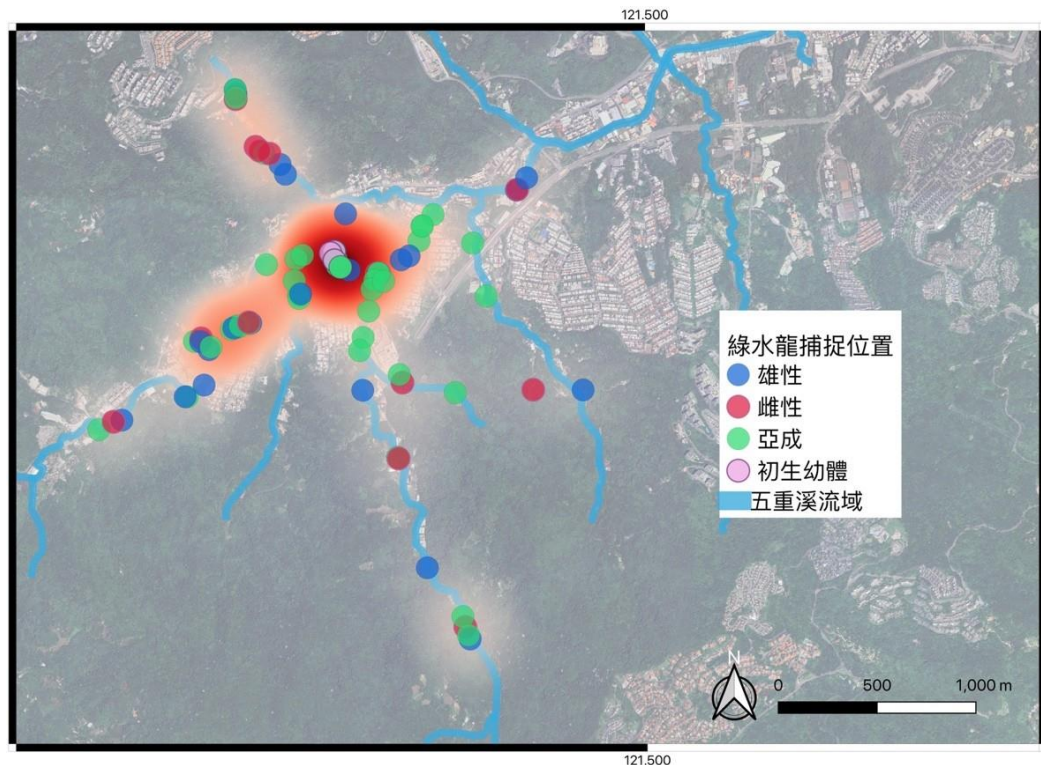


圖 25、五重溪綠水龍各狀態捕捉熱區圖。

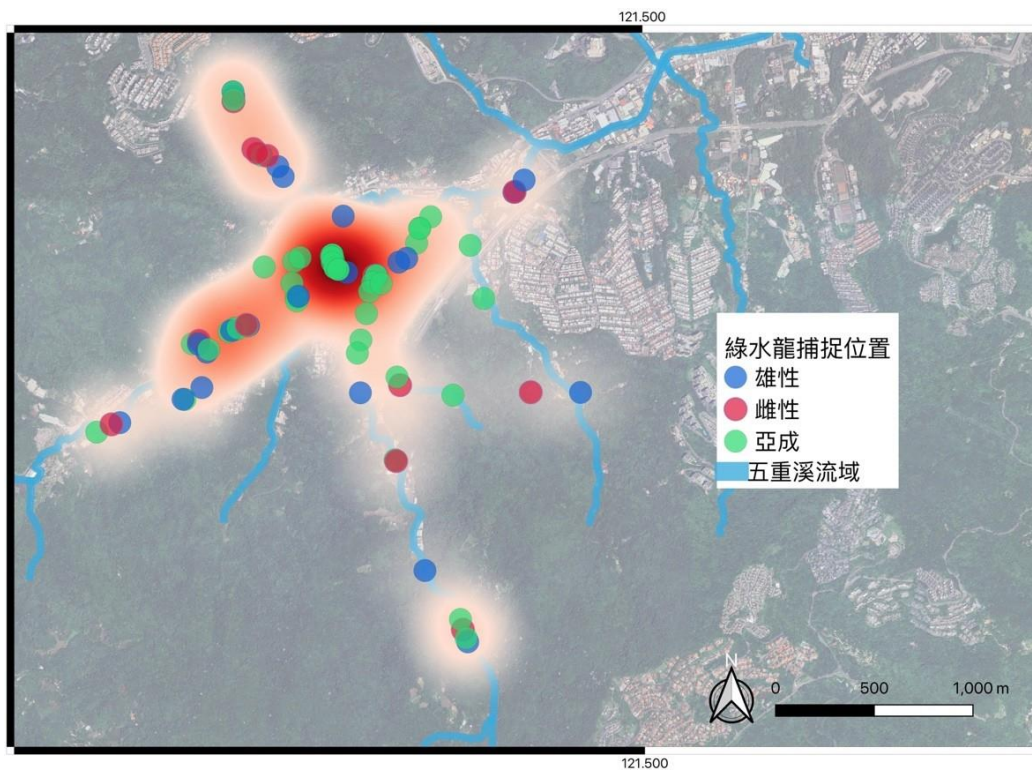


圖 26、五重溪綠水龍成體與亞成體捕捉熱區圖。

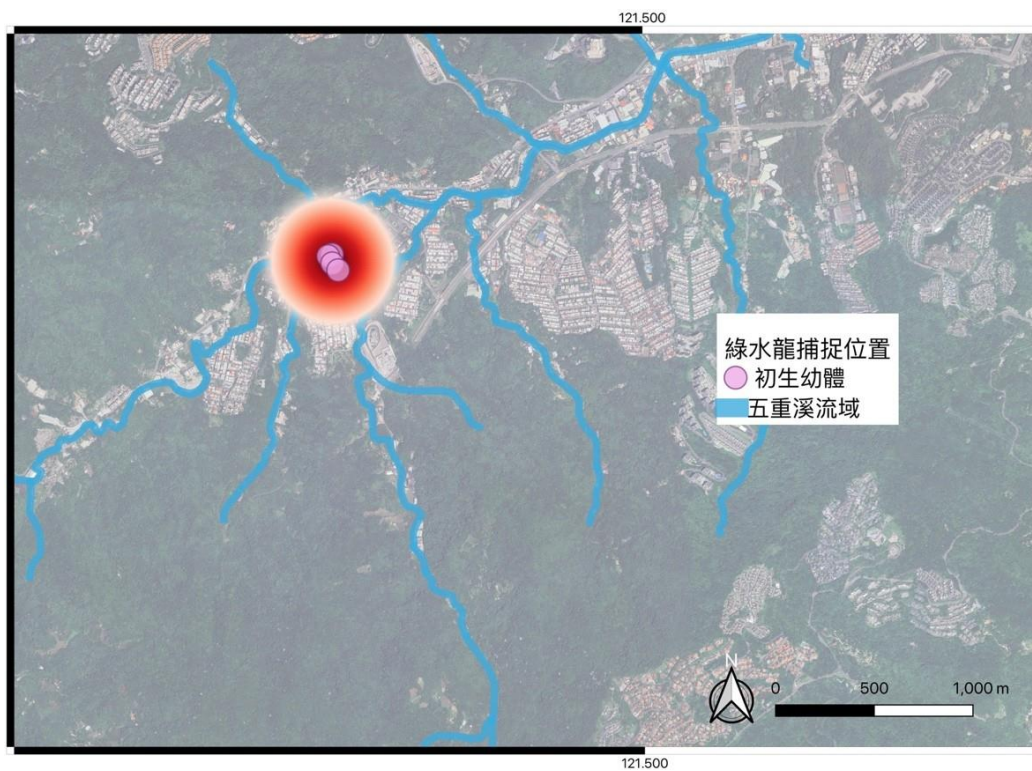


圖 27、五重溪綠水龍初生幼體捕捉熱區圖。

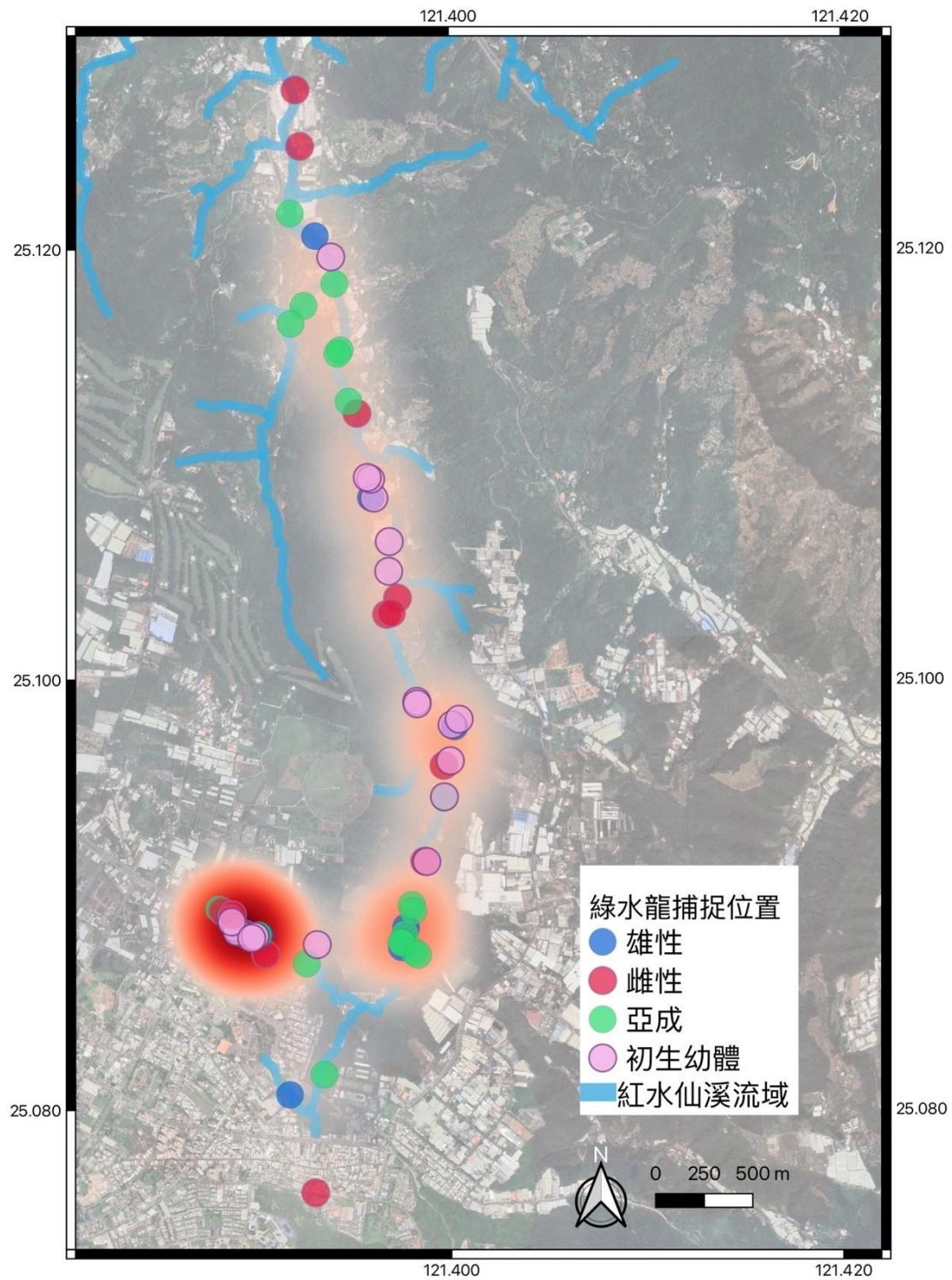


圖 28、紅水仙溪綠水龍各狀態捕捉熱區圖。

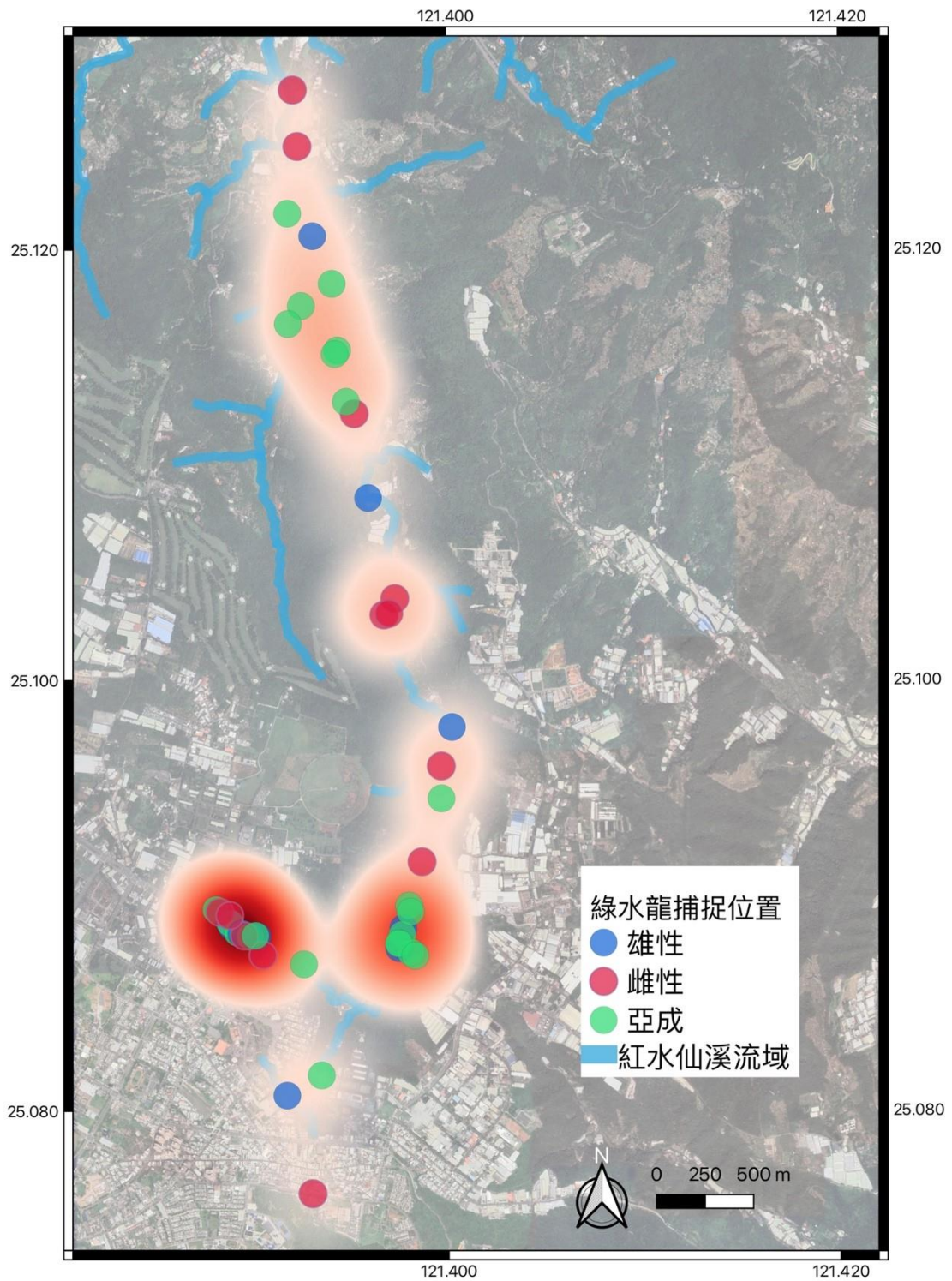


圖 29、紅水仙綠水龍成體與亞成體捕捉熱區圖。

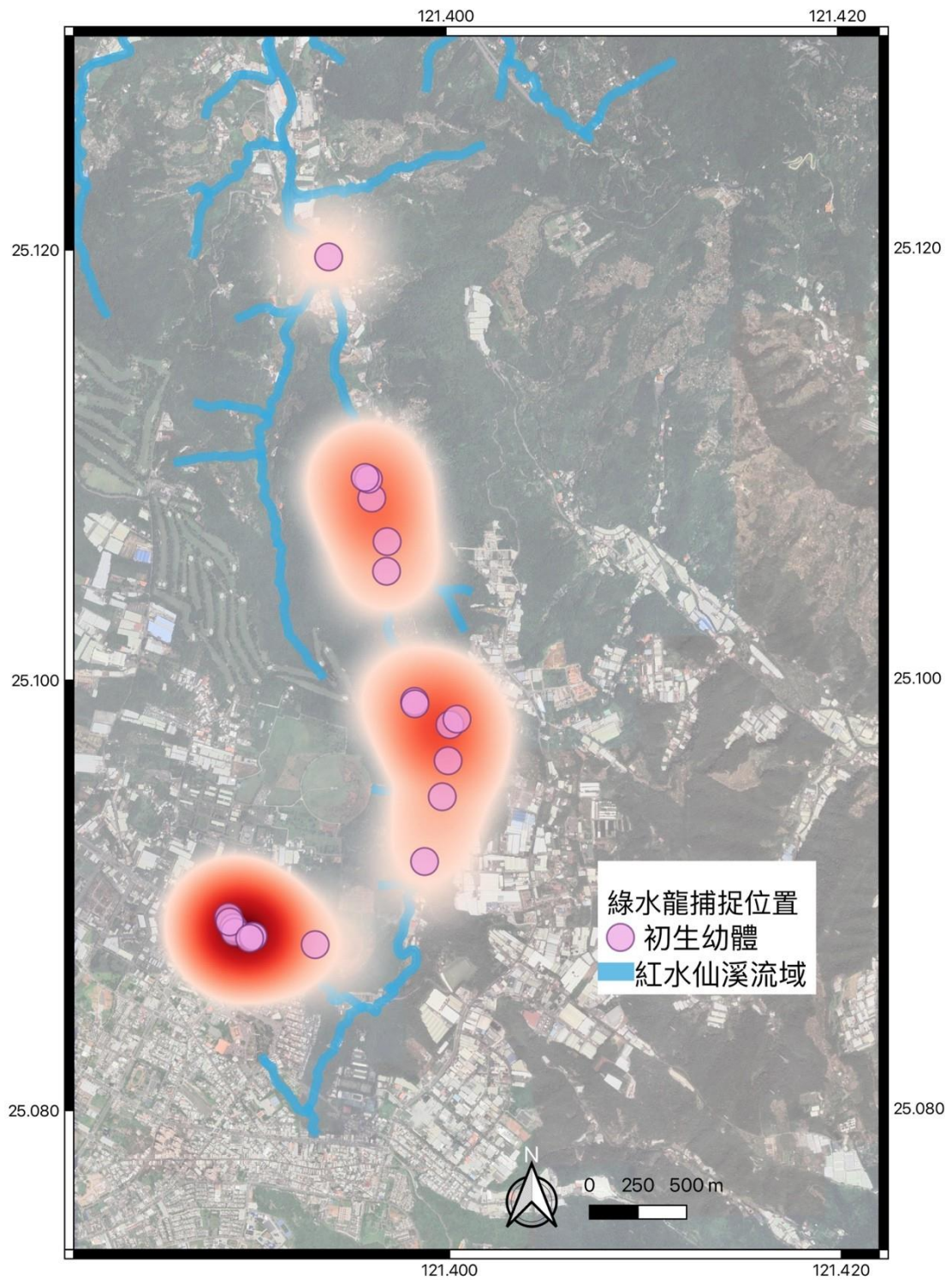


圖 30、紅水仙溪綠水龍初生幼體捕捉熱區圖。

為評估樣區內局部範圍之綠水龍消長，我們使用地理資訊系統網格分析功能，將每一條流域以每 300 m 為單位設立矩形網格，透過軟體計算網格內 2022 年及 2023 年的綠水龍數量變化。分析後顯示，五重溪流域共劃設 90 個網格，其中有 14 個網格綠水龍總數量較 2022 年減少 1-10 隻，1 個網格綠水龍總數較 2022 年減少 31-40 隻，僅有 15 個網格綠水龍數量較 2022 年增加 1-10 隻個體（圖 31）。

五重溪的綠水龍成體及亞成體，則有 15 個網格減少 1-10 隻，但 17 個網格數量增加 1-10 隻（圖 32），顯示成體及亞成體數量呈現波動未有明顯消長。在初生幼體的分析中，則有 5 個網格數量減少 1-10 隻，1 個網格數量減少 31-40（圖 33），未有網格內的數量增加。根據統計結果，本年度五重溪初生幼體數量較 2022 年減少 51 隻，顯示本年度策略對五重溪流域的初生幼體，有明顯減少的成效。

紅水仙溪的綠水龍樣區，共分割成 100 個網格，綠水龍成體、亞成體及幼體總數，有 11 個網格減少 6-10 隻，11 個網格增加 1-5 隻，1 個網格增加 6-10 隻，1 個網格增加 11-15 隻，其中增加 11-15 隻的網格為本年度新發現的綠水龍熱區（網格編號 15），該網格鄰近林口區第二公墓（圖 34）。成體及亞成體的數量，則有 12 個網格減少 6-10 隻，12 個網格增加 1-5 隻，1 個網格增加 6-10 隻（圖 35）。初生幼體的數量，則有 6 個網格減少 1-5 隻，7 個網格增加 1-5 隻（圖 36）。

整體而言，紅水仙溪綠水龍數量增加的網格，些微多於減少的網格，乃因我們在紅水仙溪流域發現新的綠水龍熱點（網格編號 15），造成本年度該流域捕捉到的綠水龍數量較 2022 年高 20 隻。該熱區經本年度移除後，明年的數量將備受關注，透過地理資訊系統網格分析，我們理性的呈現微樣區內的數量變化，供未來執行移除人力配置參考，更可在難以根絕族群時，成為提升移除效率之利器。

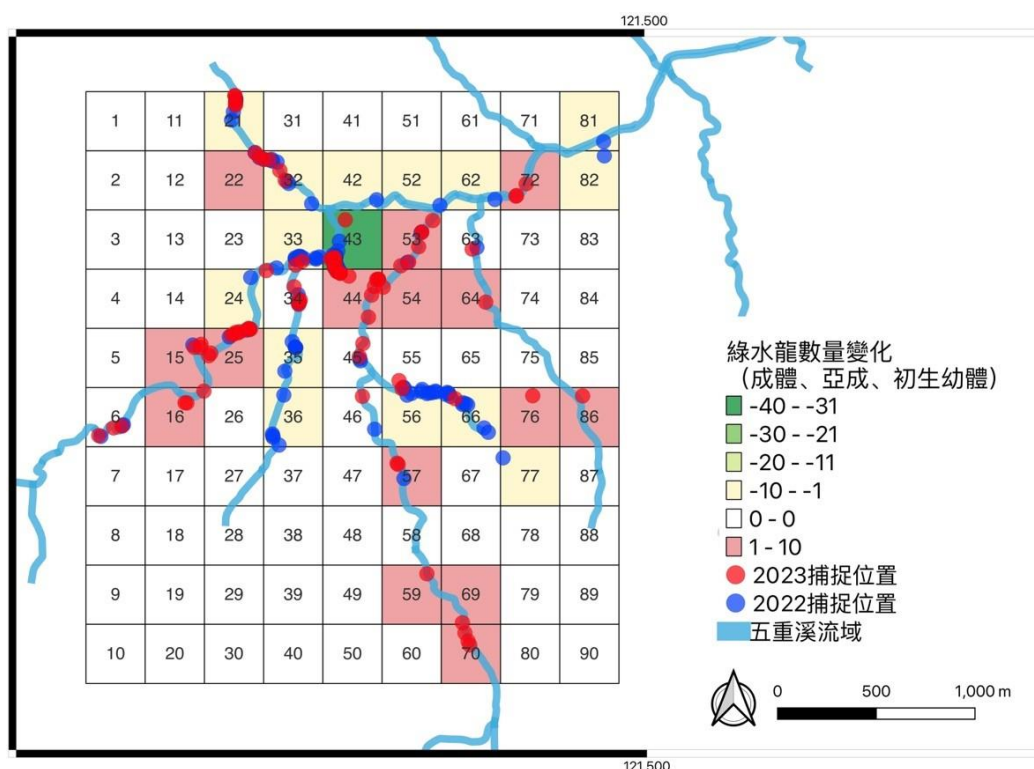


圖 31、五重溪綠水龍捕捉數量變化網格分析圖。

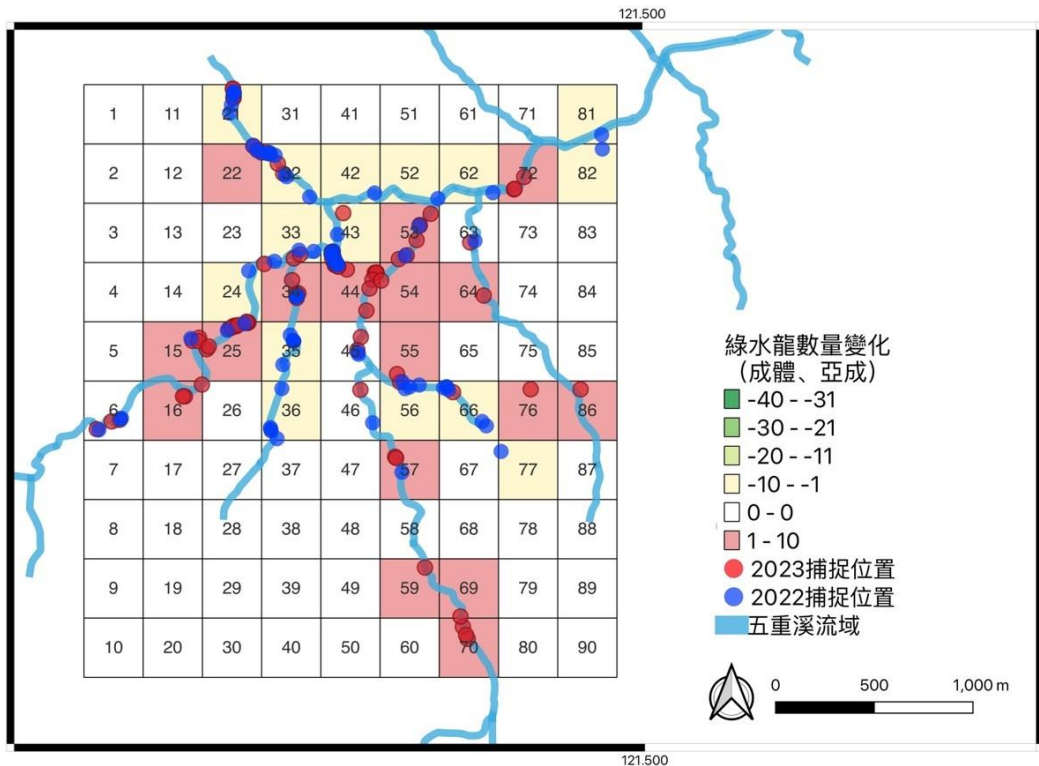


圖 32、五重溪綠水龍成體及亞成體捕捉數量變化網格分析圖。

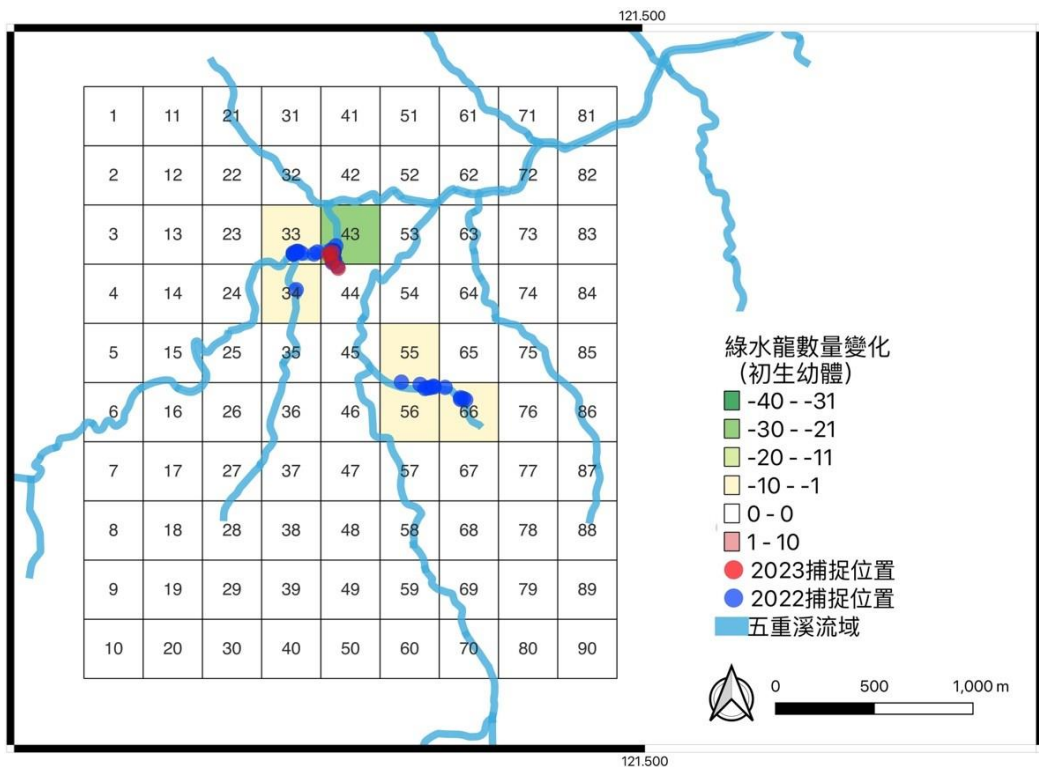


圖 33、五重溪綠水龍初生幼體捕捉數量變化網格分析圖。

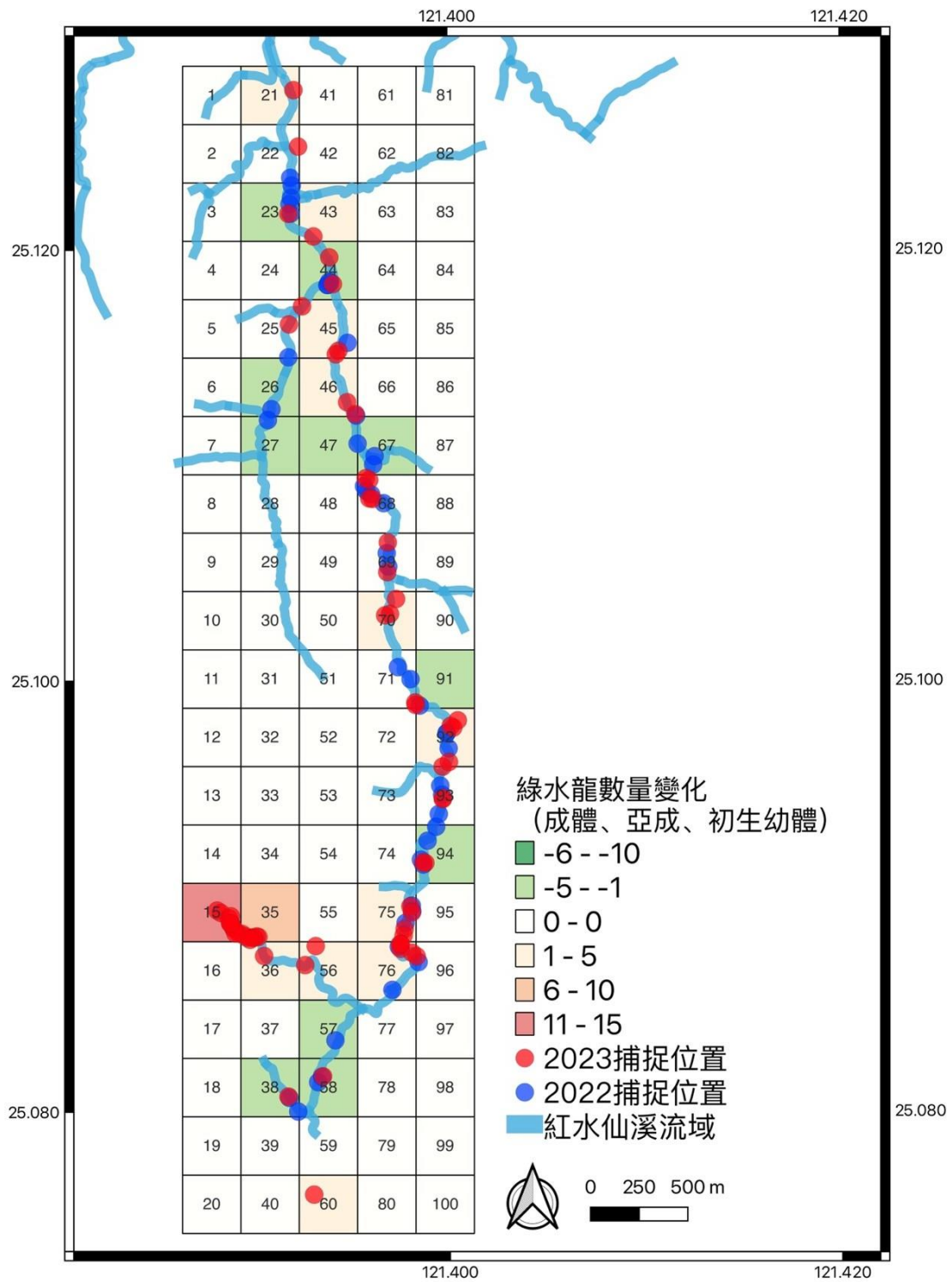


圖 34、紅水仙溪綠水龍捕捉數量變化網格分析圖。

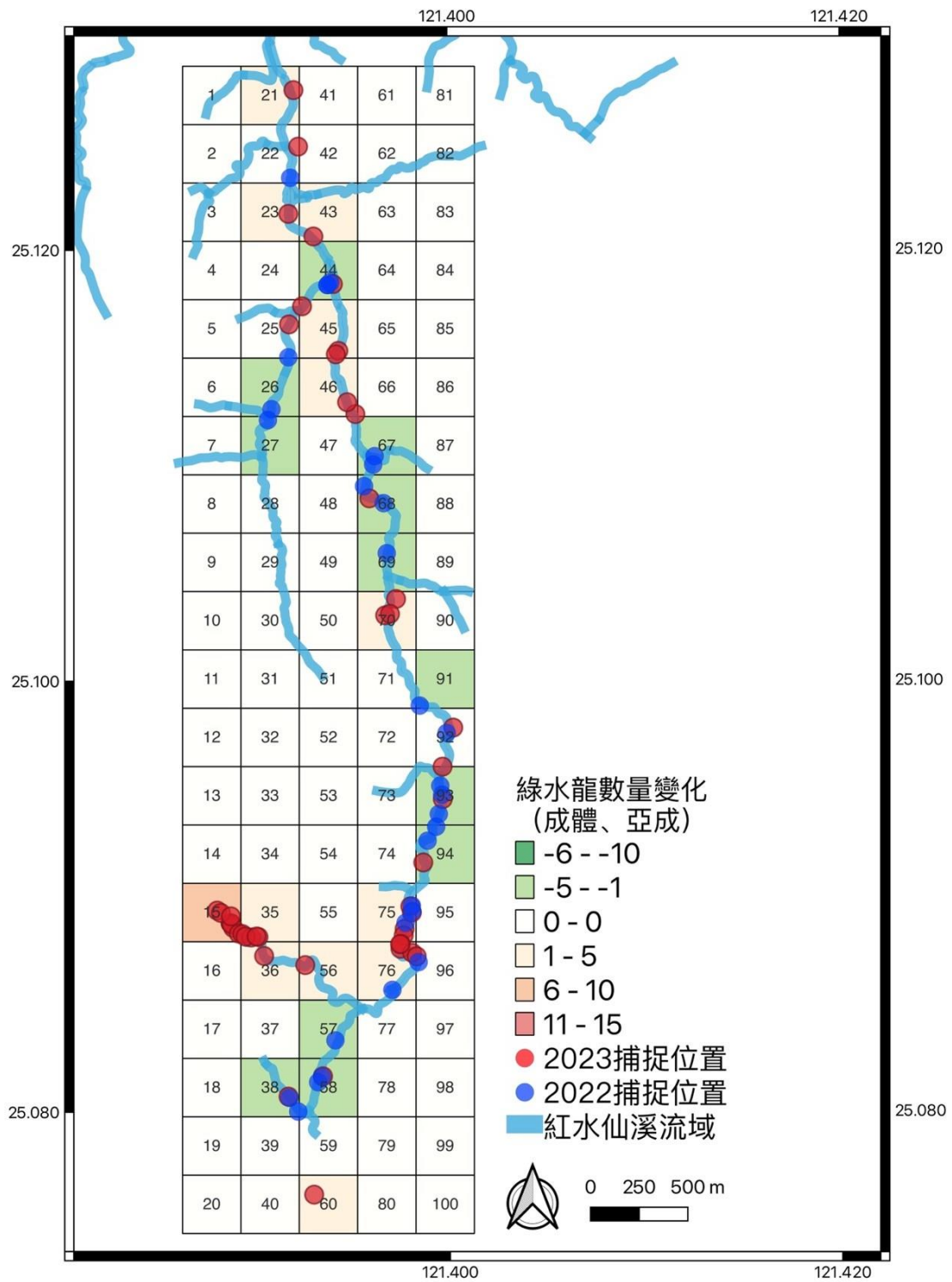


圖 35、紅水仙溪綠水龍成體及亞成體捕捉數量變化網格分析圖。

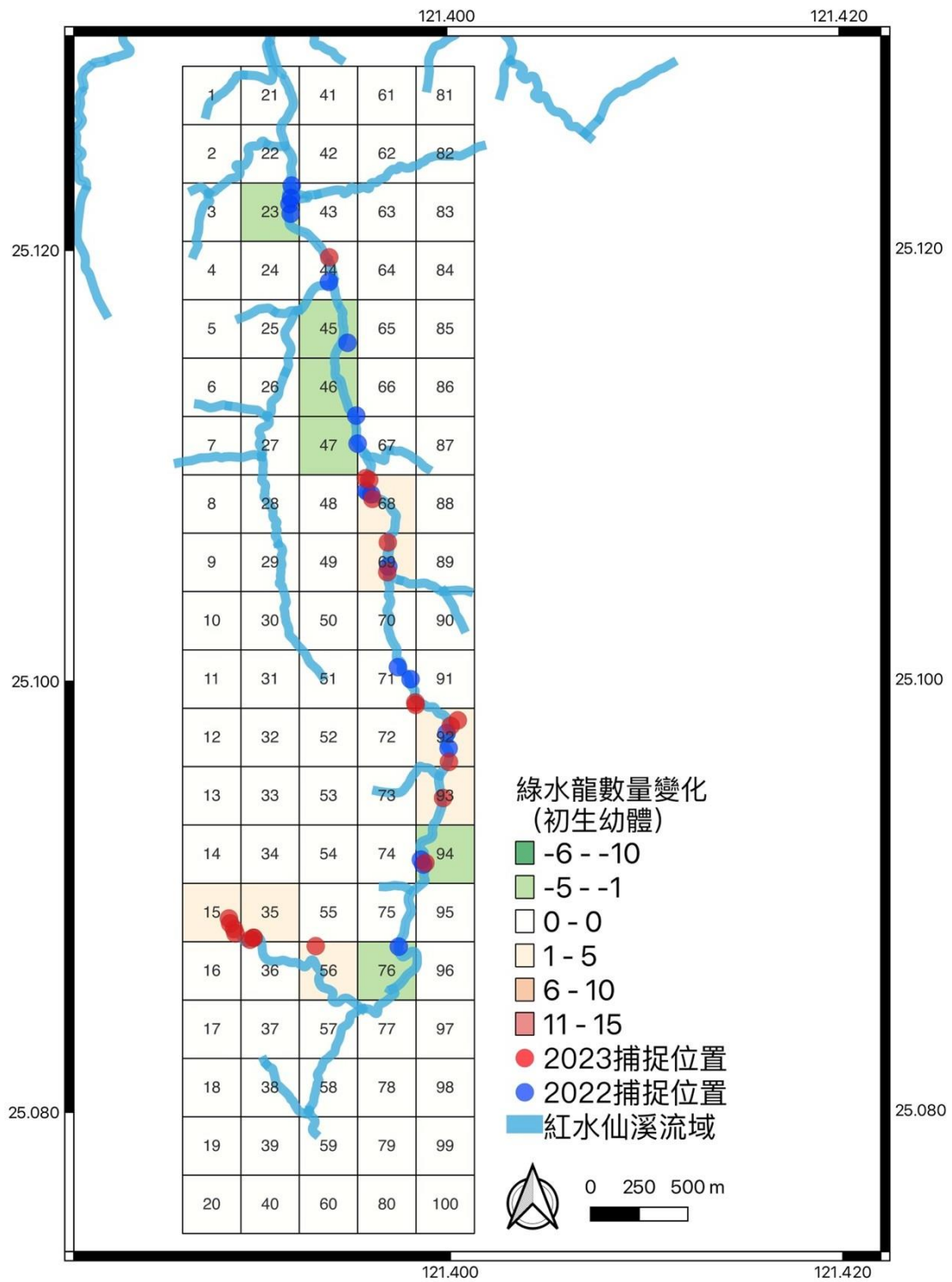


圖 36、紅水仙溪綠水龍初生幼體捕捉數量變化網格分析圖。

五、 族群量消長

我們將 109、110、111，及本年度移除數量進行迴歸分析，可確認綠水龍族群下降趨勢不變，然而添加本年度移除數量後的迴歸線斜率，較 109 至 111 年的迴歸線斜率平緩（圖 37），此原因可能為族群已被削減至低位，目前族群數量在低位震盪，本年度遇到數量些微反彈的狀況，若可繼續投入人力，應有成功移除的機會。

移除綠水龍是所有生態人士的共同目標，不論原因為何，綠水龍的數量都處於下降趨勢，且本年度調整至 4 月開始執行後，在五重溪觀察到初生幼體明顯減少，顯示本團隊已開始掌握擾動綠水龍族群結構之方針。因此我們樂觀期待，若持續滾動式調整及挹注人力，近年將有機會使綠水龍族群壓抑至瀕臨消失，或使其數量減少至難以大幅反彈之程度。

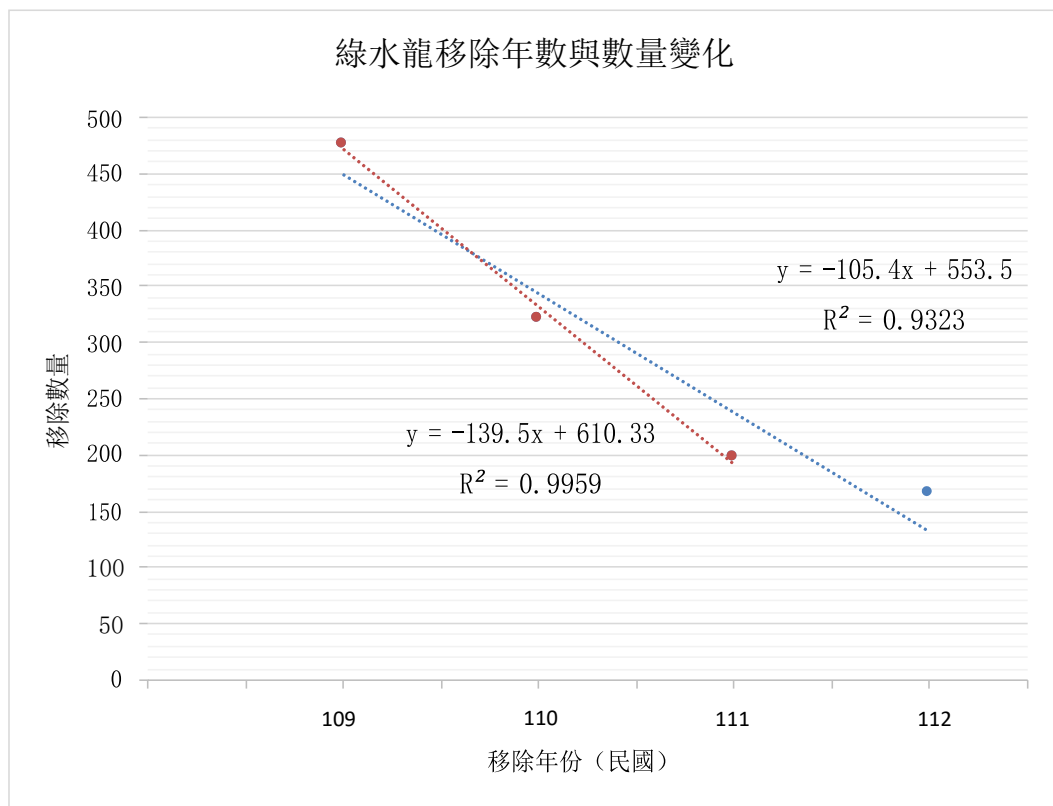


圖 37、近 4 年綠水龍移除數量迴歸關係圖。

六、 綠水龍夜間停棲高度

我們於捕捉綠水龍過程，紀錄綠水龍被發現的高度，統計結果顯示，雄性成體停棲高度最高（ 3.90 ± 1.96 m, $n=34$ ），其次為雌性成體（ 3.11 ± 1.92 m, $n=27$ ），再其次為亞成體（ 1.84 ± 0.72 m, $n=71$ ），最後為初生幼體（ 0.98 ± 0.48 m, $n=25$ ），各種狀態之夜間停棲高度如圖 38。雄性個體有較高的停棲範圍，並且停棲高度變動較大，因此有些個體較容易躲藏而未被捕獲，雌性個體則分佈略低於雄性個體，然停棲高度變化範圍能相對明顯，顯示成體有較廣泛的活動高度，也提升躲藏於高處而未被捕捉的可能性。亞成體與初生幼體停棲高度明顯低於成體，可能為其對水源之依賴更高，且移動能力相對較差，尤其是初生幼體的移動能力更低，由於亞成體及初生幼體停棲高度較低，因此捕捉作業也相對容易進行。

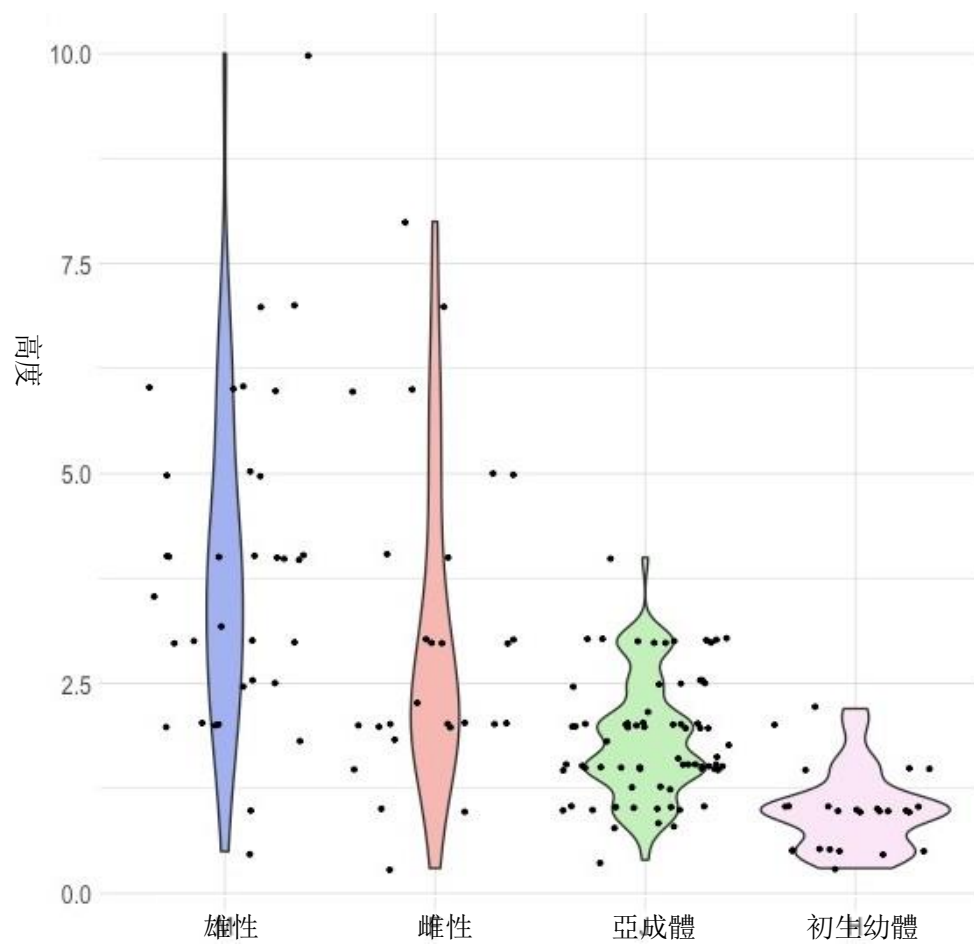


圖 38、綠水龍夜間停棲位置提琴圖。