

摘要

當船開過水面，因為內波而產生船速下降甚至停滯不前的現象，稱為「死水效應」。本研究主要針對「死水效應」進行探究，運用食鹽水製作密度分層，在水槽中利用模型船模擬現實中可能發生的情況，了解內波與死水現象的關聯。

結果顯示在特定拉力下可以發現顯著的速度減慢現象，即死水效應，經研究後發現，分層一直存在擾動，直到波高大於0.1cm視為存在內波，並且在波速與船速相近時才會有明顯的「死水效應」。除了拉力，分層狀況也會影響船速及波速，下層鹽水較厚的時，船速及波速都會比較慢，波也會更晚出現。並且本研究還發現某些組別會出現兩個波，但目前仍不確定成因。

研究動機

我們在Youtube上看到頻道SciShow-This Old Sailors “Mystery Could Help Save Swimmers”，當中提到了死水效應（dead water），在以前經常有全速行駛的船突然減速甚至停滯，當時的水手創造了「死水」一詞用來描述此現象，但仍然不清楚原因及解決辦法，直到1904年時才由V.Walfrid Ekman作出解釋。直至今日，雖然引擎的進步已經讓我們不再需要考慮死水效應，但世界各地仍有游泳者、帆船因死水效應受困，造成眾多災難，我們希望能透過這次研究，更加了解這個現象及他的威力。

研究目的

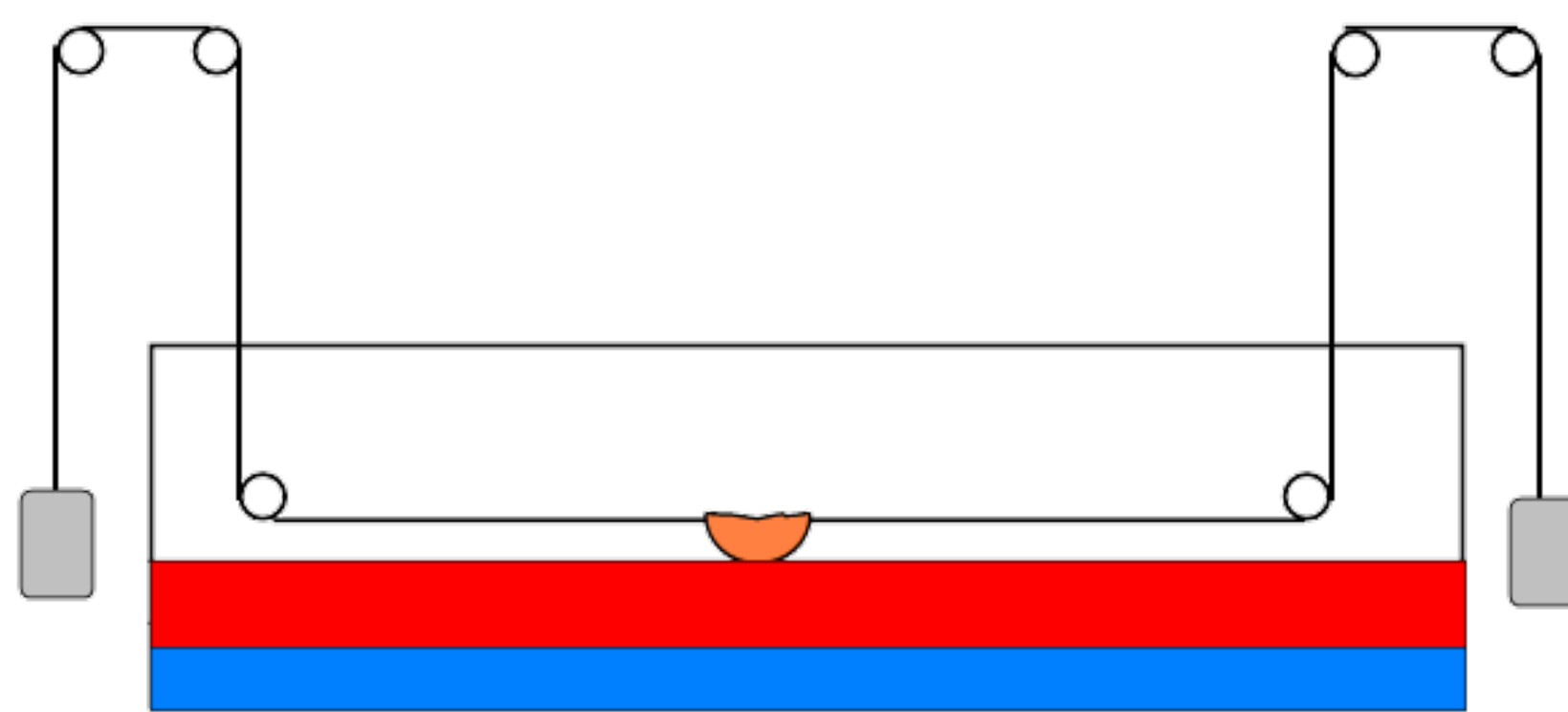
- 藉由改變船隻的拉力，探討對船速、波速、波高及波長的影響
- 藉由改變船隻重量，探討對船速、波速、波高及波長的影響
- 藉由改變分層狀況，探討對船速、波速、波高及波長的影響

文獻回顧

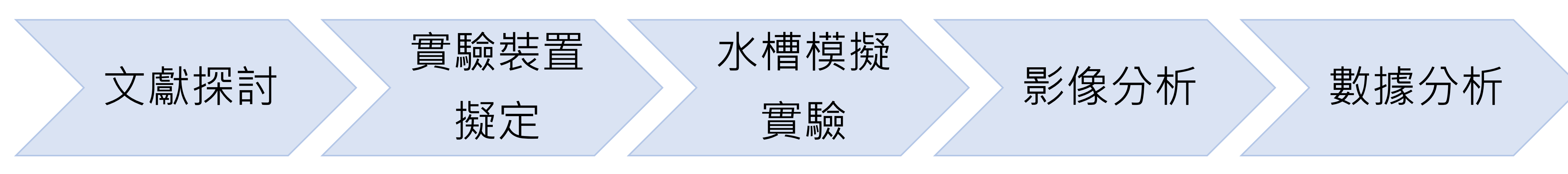
- 內波(internal wave)
分層流體中，存在於介面的重力波。海洋中極為常見，因其鹽度差、溫度差產生穩定的密度分層，一旦經由船隻、風等外在力量擾動，便有可能產生內波，但內波的存在並不代表有表面波，有時反而風平浪靜。
- 死水效應(daed water effect)
當海水內部因密度差產生分層，受到船隻擾動後產生內波，但海表面平靜，使船隻的航行速度減緩、甚至停滯不前時，稱為死水效應。此現象於易發生於初春高緯地區、河川出海口。

研究設備

- 水槽與滑輪裝置組
- 模型船
- 鹽水
- 分析軟體(Fiji)



研究流程



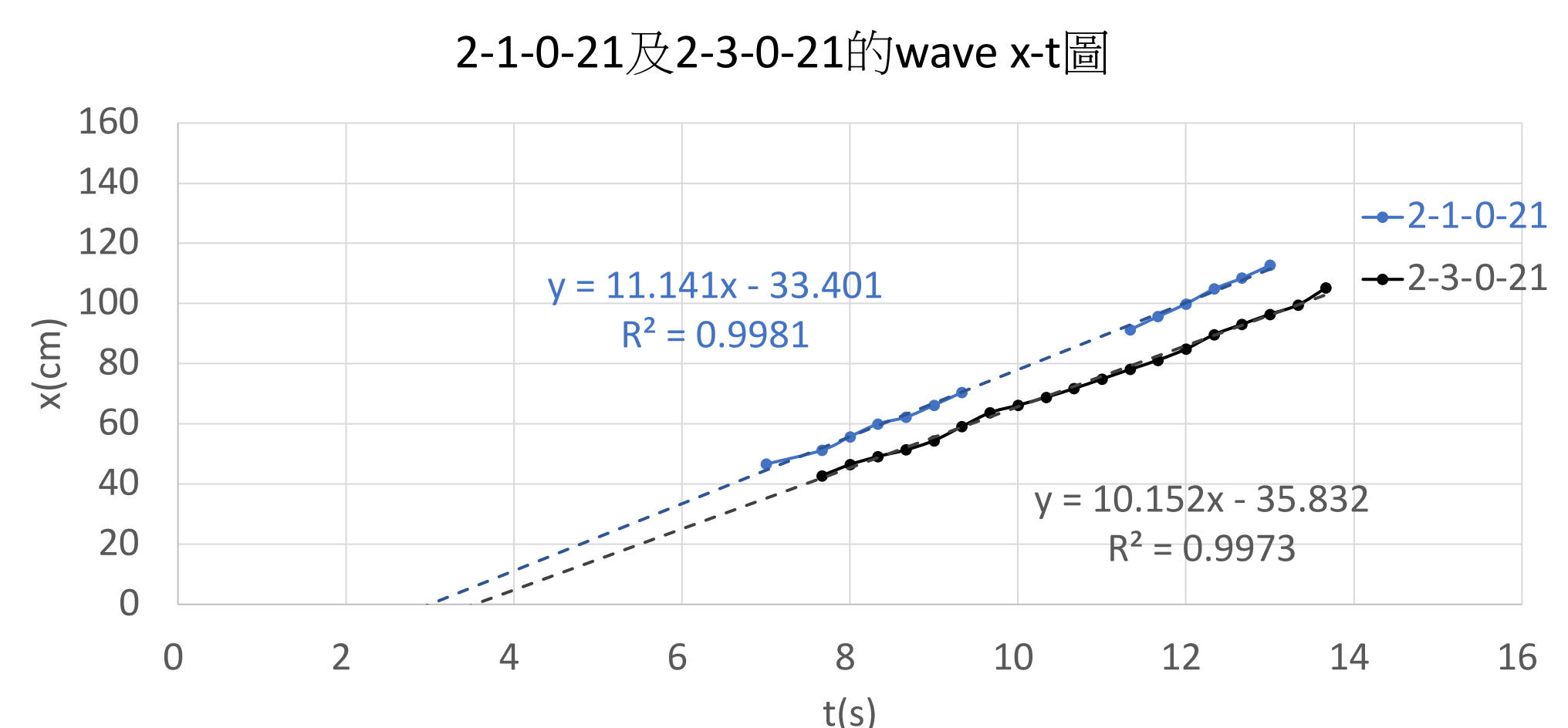
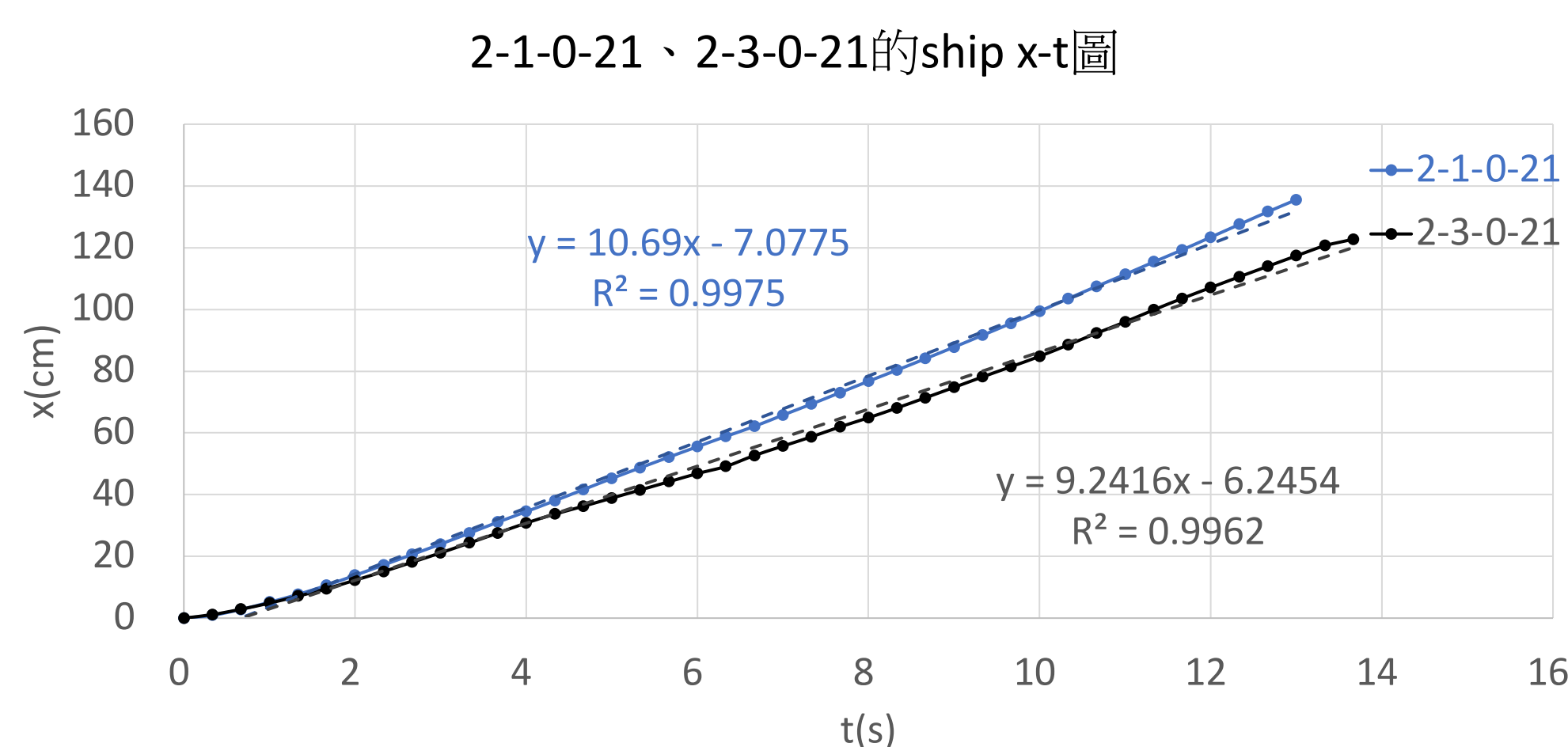
研究過程

研究編號	拉力(gw)	右(gw)	左(gw)	船配重(gw)	上層水體積(L)	下層水體積(L)	鹽水比重
2-1-0-19	19	20	39	0	50	50	1.15
2-1-0-20	20	20	40	0	50	50	1.15
2-1-0-21	21	20	41	0	50	50	1.15
2-1-10-17	17	20	37	10	50	50	1.15
2-1-10-18	18	20	38	10	50	50	1.15
2-1-20-20	20	20	40	20	50	50	1.15
2-3-0-21	21	20	41	0	50	75	1.15
2-3-0-22	22	20	42	0	50	75	1.15
2-3-0-23	23	20	43	0	50	75	1.15
2-3-0-24	24	20	44	0	50	75	1.15
2-3-0-25	25	20	45	0	50	75	1.15
2-3-10-19	19	20	39	10	50	75	1.15
2-3-10-20	20	20	40	10	50	75	1.15
2-3-10-21	21	20	41	10	50	75	1.15
2-3-10-22	22	20	42	10	50	75	1.15
2-3-10-23	23	20	43	10	50	75	1.15
2-3-10-24	24	20	44	10	50	75	1.15
2-3-10-25	25	20	45	10	50	75	1.15
2-3-20-19	19	20	39	20	50	75	1.15
2-3-20-20	20	20	40	20	50	75	1.15
2-3-20-21	21	20	41	20	50	75	1.15
2-3-20-22	22	20	42	20	50	75	1.15
2-3-20-23	23	20	43	20	50	75	1.15
2-3-20-24	24	20	44	20	50	75	1.15
2-3-20-25	25	20	45	20	50	75	1.15
2-3-20-26	26	20	46	20	50	75	1.15

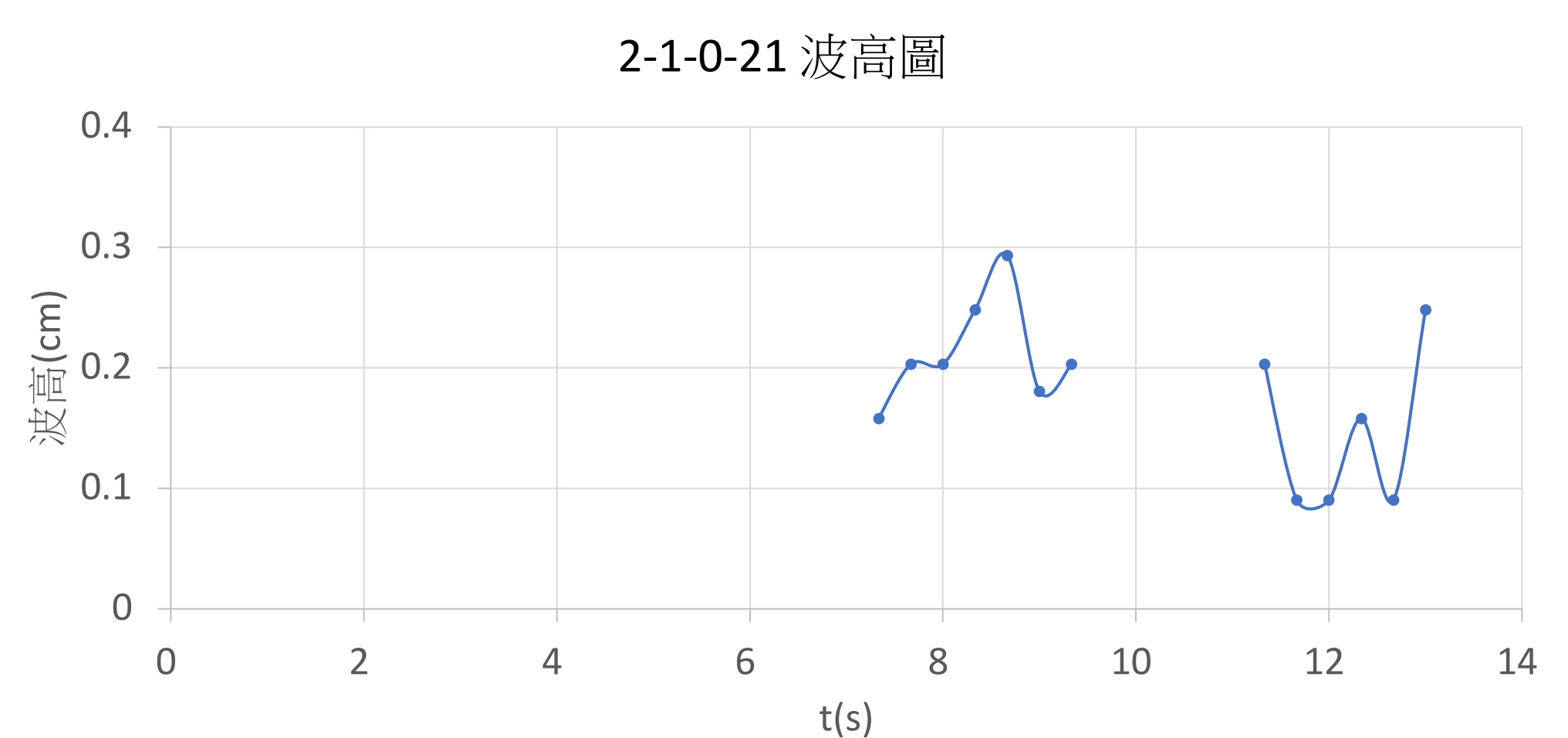
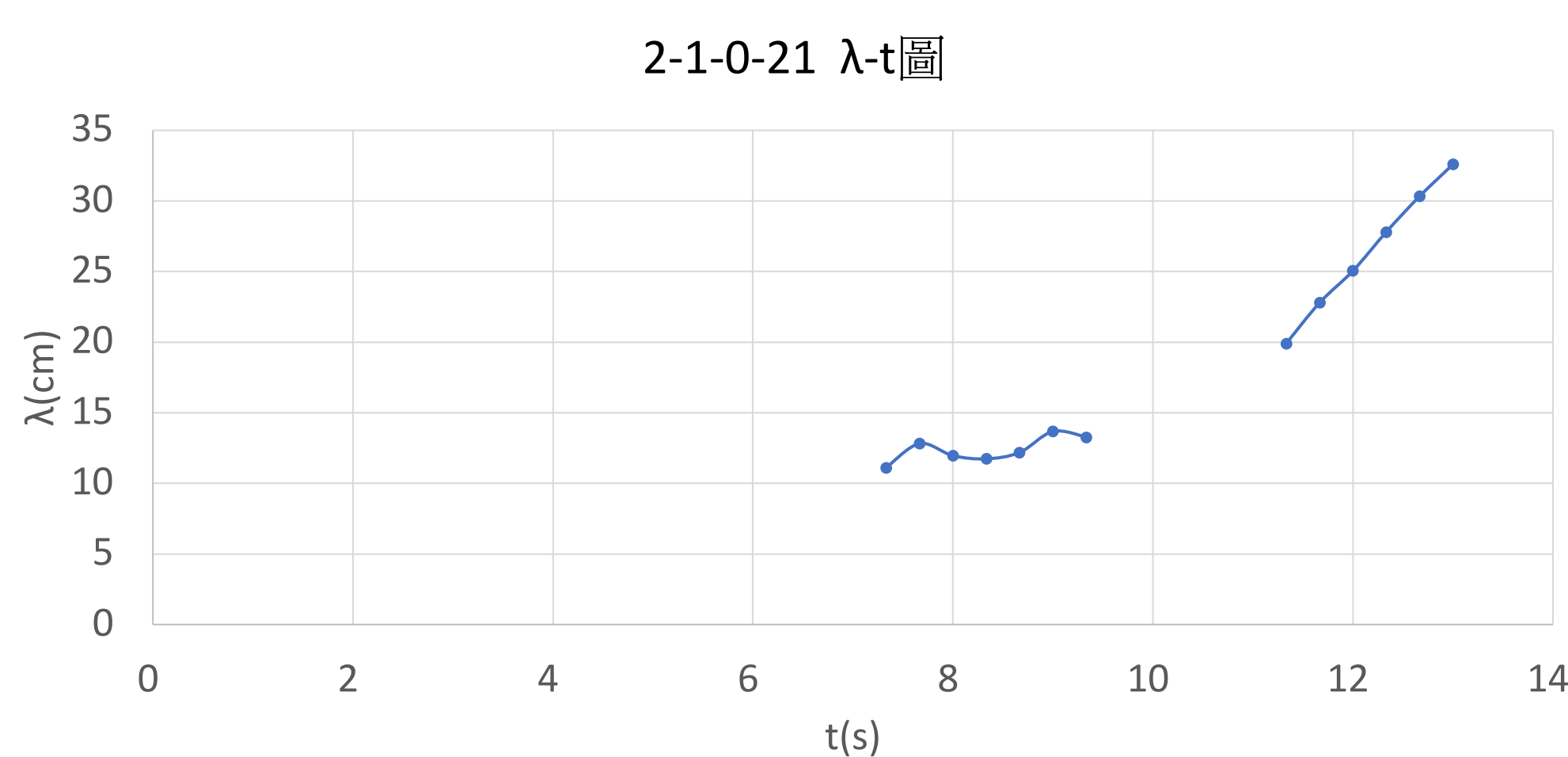
可產生內波之組別一覽表

討論

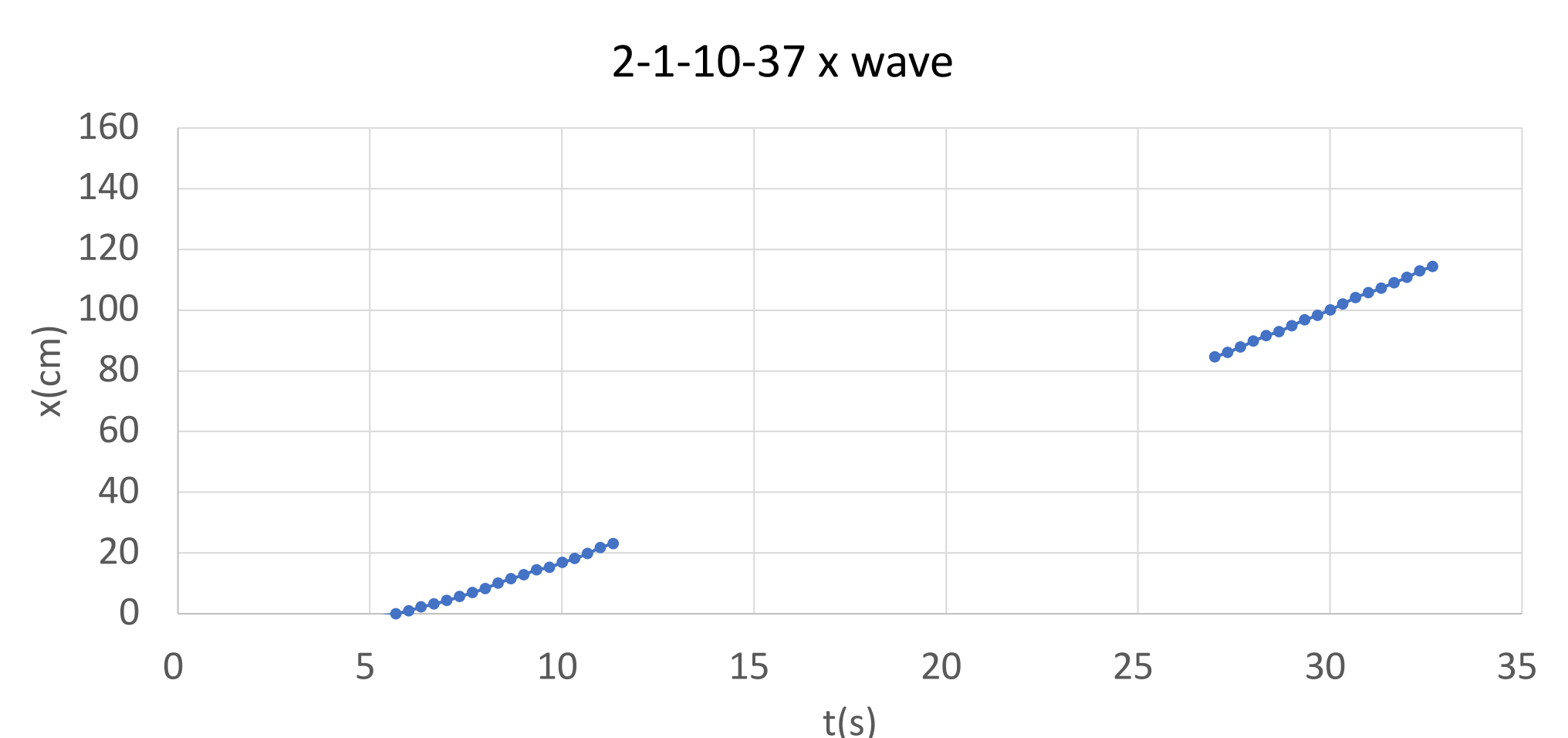
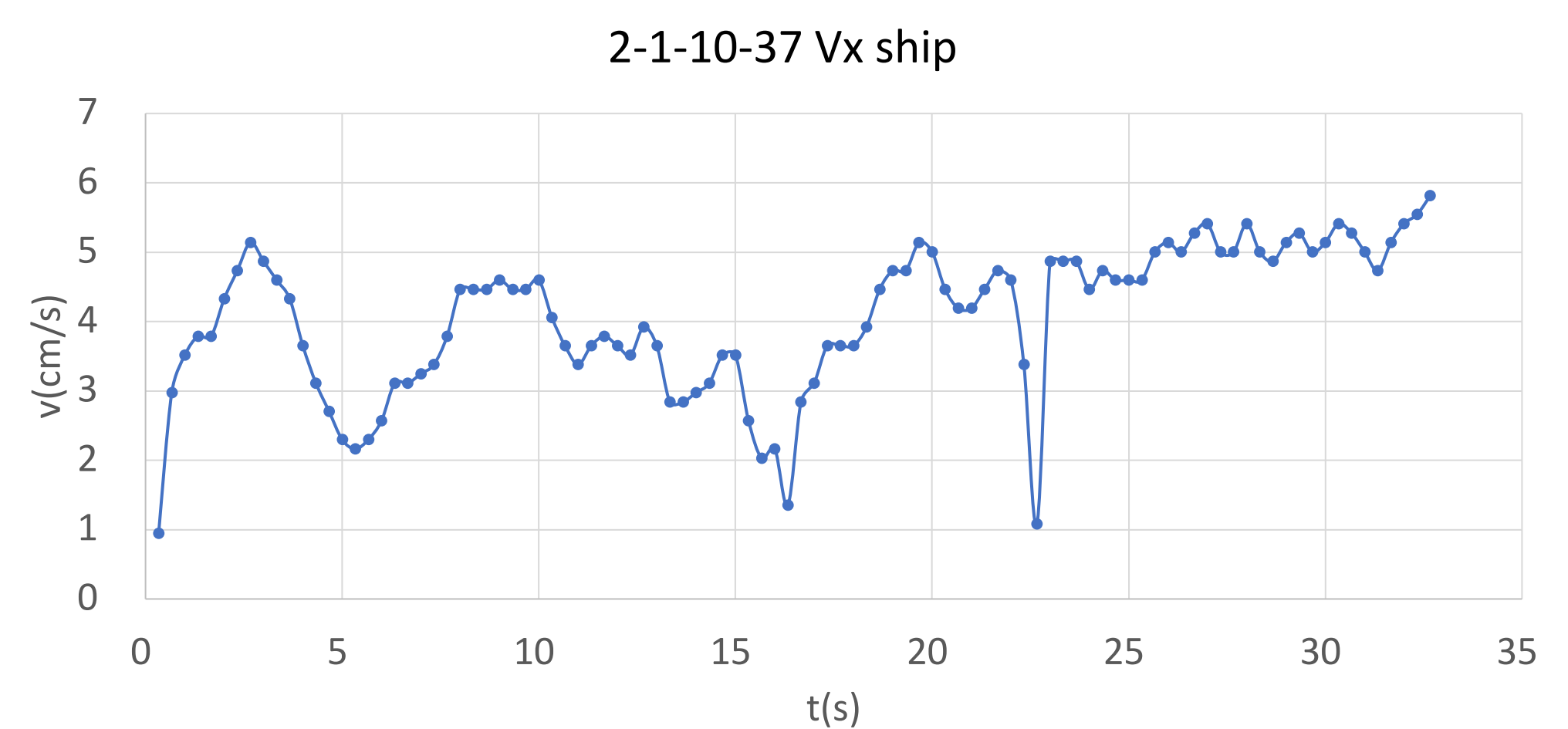
船與波的位置大致上呈一斜直線，與時間成正比，但當分層狀況不同時，斜率會有明顯差別，並且當下層鹽水較厚的時候，船速及波速都會比較慢，波也要更晚才能被識別，我們將其視為更晚出現。



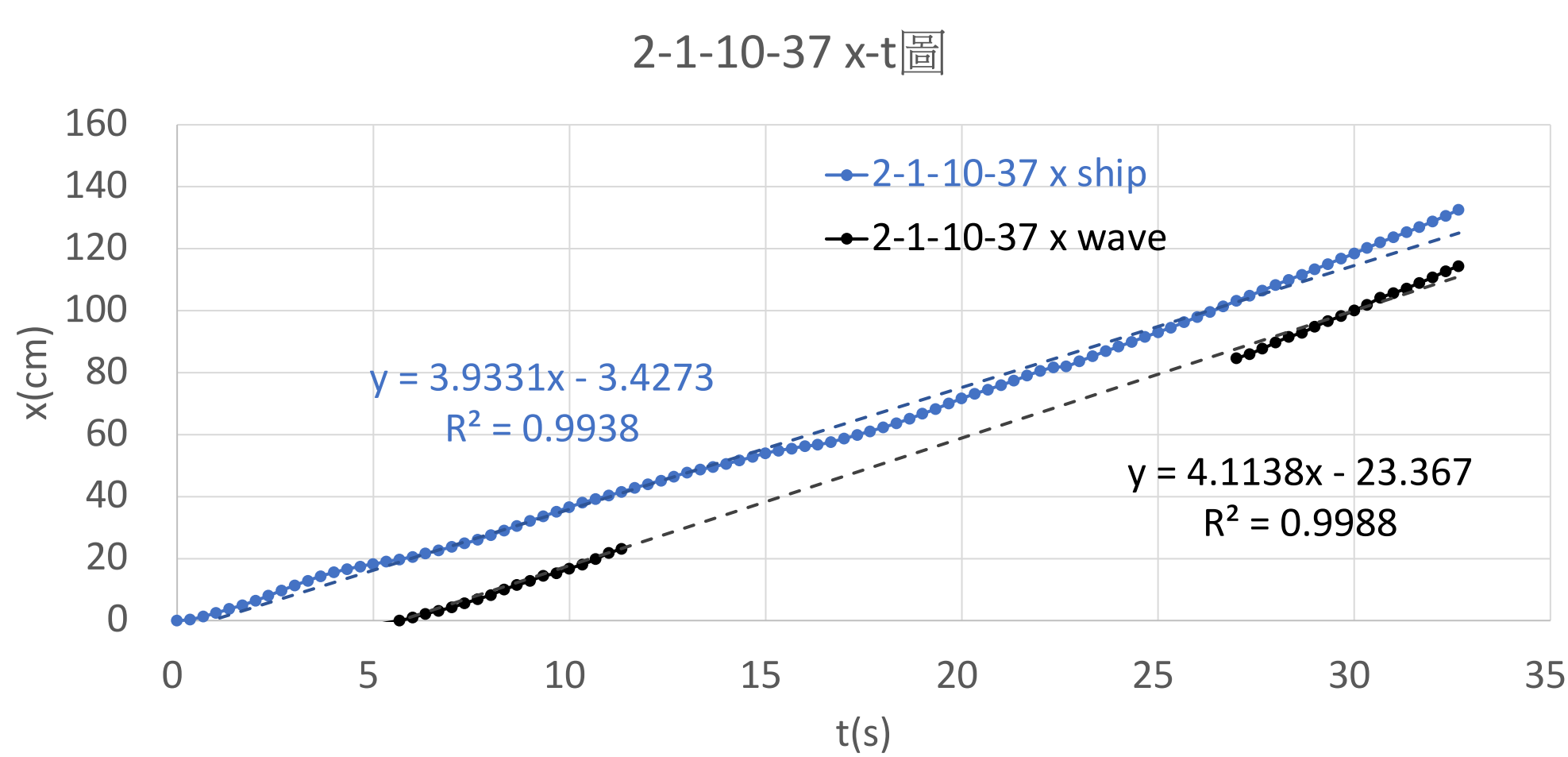
有部分組別會出現兩個波，在前一個波消逝後幾秒又再出現一個波，根據波長及波高的差異，這並不是同一個波，但目前仍不確定成因。



2-1-10-37 的船速特別緩慢，並沒有持續上升的趨勢，甚至出現船速驟降的情況，與波位置對比後，可發現只要有波出現之前就會發生大驟降，根據The dual nature of the dead-water phenomenology: Nansen versus Ekman wave-making drags，我們認為這組數據非常接近臨界點(船速=波速)，也形成了非常明顯的「死水效應」。

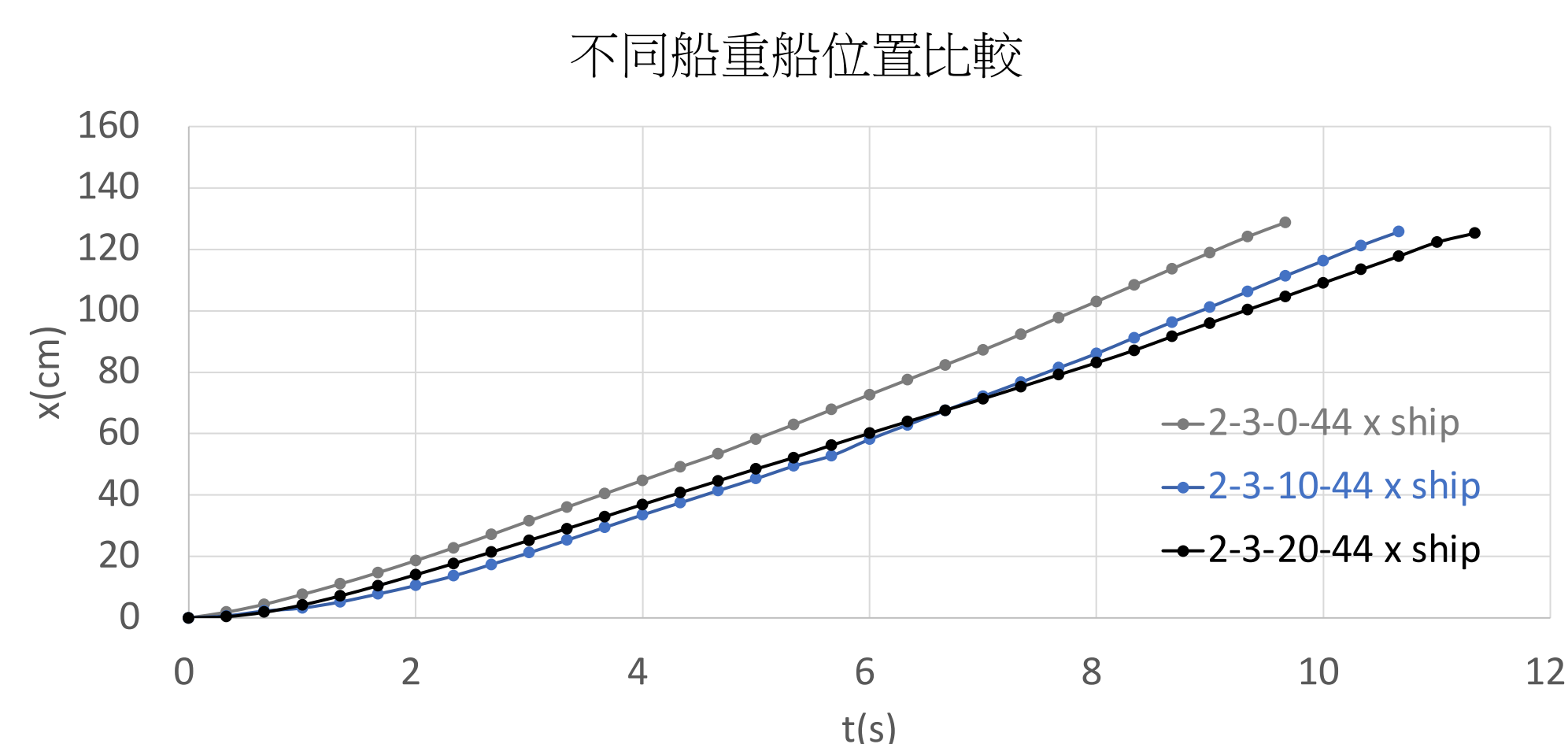
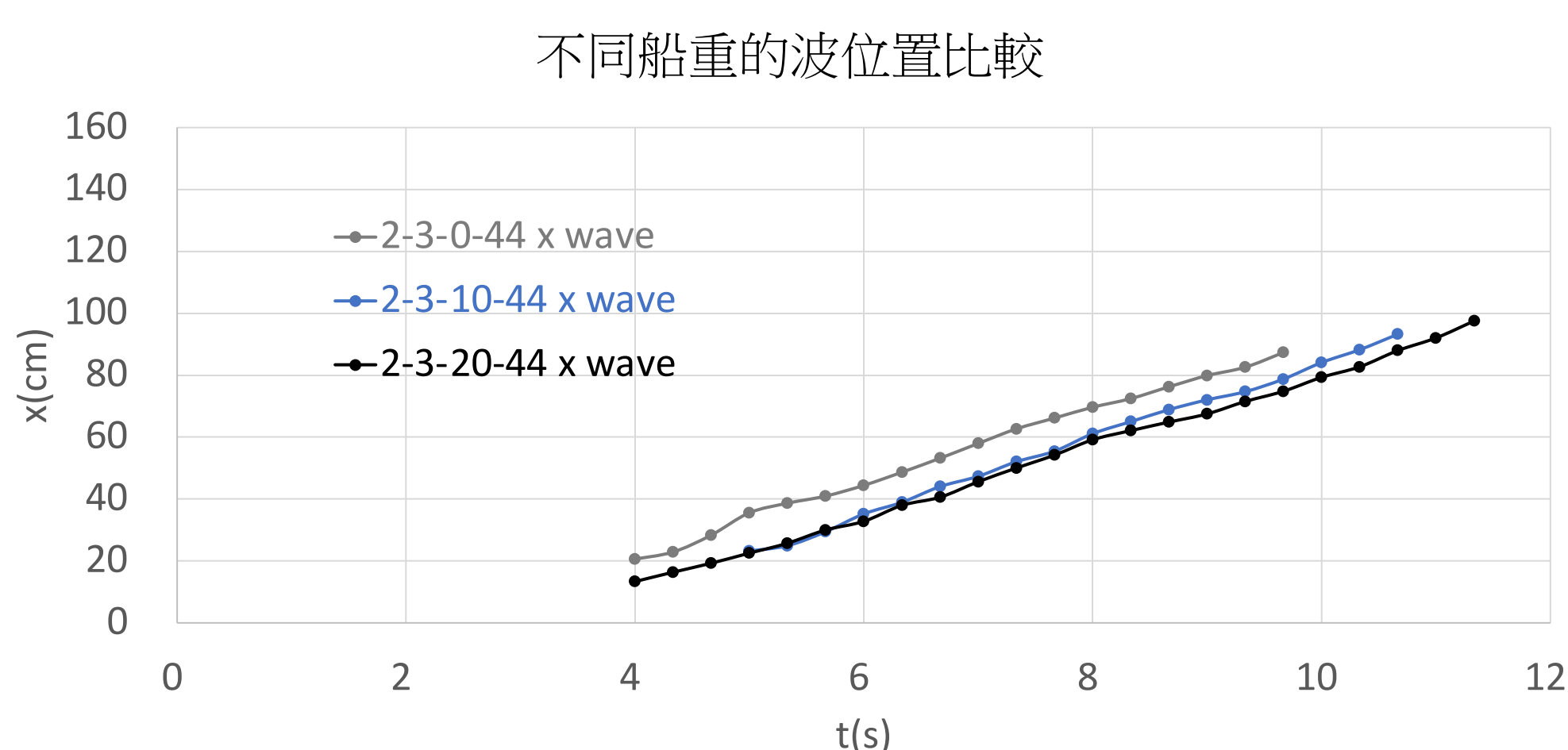


討論



拉力越大，船速越快，且波長變長，但只要船速高於波速，船體遠離內波時，便會逐漸降低「死水效應」。當波速與船速相近時，便會出現明顯的「死水效應」。

增加船重對於波速並無太大影響，但能讓波高變大，因此內波存在時間較長，且增加船重會明顯降低船速，我們認為這會讓船速與波速更為相近，更有機會形成「死水效應」。



結論

- 分層狀況的不同會同時影響船速及波速，下層鹽水較厚的時，船速及波速都會比較慢，波也會更晚出現
- 有些組別會出現兩個波，但目前仍不確定成因
- 實驗編號2-1-10-37非常接近臨界點(船速=波速)
- 分層一直存在擾動，直到波高大於0.1cm視為存在內波，並且在波速與船速相近時才會有明顯的「死水效應」
- 增加船重能讓船速減緩，更有機會造成「死水效應」

參考資料

- Germain Rousseaux, Johan Fourdrinoy, Julien Dambrine, Madalina Petcu, & Morgan Pierre.(2020). The dual nature of the dead-water phenomenology: Nansen versus Ekman wave-making drags. Proceedings of the National Academy of Sciences. France: PNAS. Retrieved from <https://doi.org/10.1073/pnas.1922584117>
- Resurrecting dead-water phenomenon. M. J. Mercier, R. Vasseur, & T. Dauxois.(2011) Volume 18, issue 2. France: Nonlinear Processes in Geophysics. Retrieved from <https://npg.copernicus.org/articles/18/193/2011/>
- 楊穎堅 (2013) 。南海的巨大振幅內孤立波。科學月刊，528期。
- 物理海洋學，第七章海洋波浪 五、內波 (1998/12/16) 。檢自<http://w3.oc.ntu.edu.tw/chap7/chap7s5.htm>
- Matthieu Mercier, Romain Vasseur, Thierry Dauxois.(2009) Phénomène d'eaux mortes. Culture Sciences Physique. Retrieved from <http://culturesciencesphysique.ens-lyon.fr/ressource/Phenomene-eaux-mortes.xml>
- 海洋下的風暴：南海巨大內波生命史 - PanSci 泛科學。檢自<https://pansci.asia/archives/79694>