

國立臺灣海洋大學

海洋環境與生態研究所

碩士學位論文

指導教授：周文臣 博士

內波對南海北部透光層碳化學的影響

Effects of internal waves on carbon  
chemistry in the euphotic zone in the  
northern South China Sea.

研究生：吳冠杰 撰

中華民國 108 年 7 月

內波對南海北部透光層碳化學的影響

Effects of internal waves on carbon chemistry  
in the euphotic zone in the northern  
South China Sea.

研究生：吳冠杰

Student : Kuan-Chieh Wu

指導教授：周文臣 博士

Advisor : Dr. Wen-Chen Chou

國立臺灣海洋大學

海洋環境與生態研究所

碩士論文

A Thesis

Submitted to the Institute of Marine Environment and Ecology

College of Ocean Science and Resource

National Taiwan Ocean University

in partial fulfillment of the requirements

for the Degree of

Master of Science

in

Institute of Marine Environment and Ecology

June 2018

Keelung, Taiwan, Republic of China

中華民國 108 年 7 月

## 致謝

兩年來，從剛進入環態所到畢業，一路上走來遇到很多大學時期沒遇過的事，大學可能比較與同學朋友之間比較樂落，但到了碩士進入環態所，讓我感受到老師們是如此的親切，學長姐們很照顧學弟妹，深深地覺得碩士生涯應該要很嚴肅才對，但並非如此。在跟所有老師談完後，我決定加入周老師的碳化學實驗室，抱著了解與學習的心態去認識更多海洋化學與生態環境，還有各個老師們在專業領域上的研究。

在碩士生涯中，最感謝的就是我的指導教授 周文臣老師，謝謝老師兩年在課業與實驗設計上的指導與叮嚀，或者是海洋化學知識上的教導，還有老師常常教導我做處事上的種種道理。甚至老師也常關心我在生活上有沒有遇到問題，也會關心我的家人健康，我能在碩士生涯遇到這樣的老師，真的讓我深受感動。

此論文能順利完成除了要感謝我的指導教授盡心盡力地教導，另外更要感謝口試委員 洪慶章老師、陳宗岳老師與 戴仁華博士提出珍貴的建議，使本論文更加完整。還要感謝實驗室榮蔚學長在出海方面與實驗器上的教學，與慧娟、穎萱和長暢幫忙我準備出海採樣工具，實驗上協助我分析樣品，替我分擔實驗室的工作量。感謝 洪慶章老師實驗室在航次上的幫忙與數據上的提供，感謝 陳宗岳老師在內波專業領域上給予的指導，感謝 戴仁華博士在出海與實驗錨定串列上給予的幫助。

在這也要感謝環態所大家庭的成員，感謝 龔國慶老師、 蔣國平老師、 張正老師、 陳宗岳老師、 蔡安益老師、 鍾至青老師、 識名信也老師、 康利國老師與 曾筱君老師，在兩年中專題報告時給予的建議，提點我報告中的錯誤與口頭報告的技巧。感謝所上的麗真姐、涵勳姐與乾華在處理所上公文與學生文件眾多繁忙事務上的幫忙。也謝謝彎彎學姊、凱元學長、榮蔚學長、舒綾學姊、慧娟學姊、穎萱學姊、家軒、義庠、愷哲、言敏、采玉、子誼、品萱、良能、長暢、靖婷和依蓉等人，不論是研究過程中的互相給予建議或是報告上互相切磋，甚至私下娛樂上的種種回憶，都是我碩士兩年過程的貴人，謝謝你們。最後我也要感謝我的家人，在背後支持我的，讓我完成我的學業，不管是在遇到瓶頸時，適時給予心靈上的安慰，也時常安排出遊的活動讓我舒壓，謝謝我摯愛的家人。感謝兩年中，我遇到的所有人，有你們的陪伴與幫助，才有成長過的我，以此論文與你們分享，深表感謝。

吳冠杰 謹啟

中華民國一〇八年七月二十三日星期二

## 摘要

為瞭解內波通過南海海域時對於海氣二氧化碳交換之影響，本研究使用海研三號 2079 航次( 2018/9/3~9/7 )，選定接近東沙島之淺水 DS 站( 水深約 100m ) 與南海北部之深水 K2 站( 水深約 1000m )，利用錨定串列及 CTD 逐時採集水樣，分析了海水碳化學及水文資料深度分布隨時間的變化情形。研究結果顯示，在 DS 站和 K2 站 36 小時內均觀測到兩次內波通過引發海水垂直運動的訊號。在暖水下沉及冷水抬升期間，兩個測站透光層中葉綠素 a 的總儲量均無明顯的差異，顯示內波通過所引發海水的垂直運動，並沒有造成透光層內浮游植物的生產作用在觀測期間有明顯的變化。表水錨定的二氧化碳分壓( $p\text{CO}_2$ )探針的觀測資料顯示，在暖水下沉及冷水抬升期間兩測站表水的  $p\text{CO}_2$  亦皆無顯著差異，暗示在觀測期間內波通過引起海水垂直運動所造成的影響，主要局限在混合層以下，對各測站表水  $p\text{CO}_2$  的變化並未產生顯著的影響。兩站相較而言，內波所引發透光層內海水垂直運動的位移量在淺水的 DS 站較深水的 K2 站大，且次表層水可上抬至較淺的深度。(DS 站約 40m，K2 站約 50m)。此外，DS 測站透光層中鹽度、硝酸鹽、葉綠素 a、溶解態無機碳和總鹼度總的平均值顯著高於 K2 站，但溫度和酸鹼值則較低。上述結果表明，內波所引發海水的垂直運動確實可將富含營養鹽和二氧化碳的次表層冷水帶入水深較淺的測站透光層上部，進而促進浮游植物的生產作用，因此造成淺水 DS 站透光層中葉綠素 a 的總儲量顯著高於深水 K2 站的現象。此外，DS 測站表水的  $p\text{CO}_2$  明顯較 K2 測站為低，顯示內波通過淺水海域時所促進之浮游植物的生產作用，應有助於海水中二氧化碳的消耗，進而提升了該海域對大氣二氧化碳的吸收能力。

關鍵詞:內波、南海、二氧化碳

## Abstract

In order to understand the impact of internal waves on oceanic CO<sub>2</sub> dynamics, the time-series evolutions of hydrological and carbonate chemistry data were investigated at two sites in the northern South China Sea, using mooring sensors and shipboard CTD. One of the study sites is located in the shallow water area near the Dongsha Island (DS station with a water depth of ~100 m), and the other is situated in the deep water area (K2 station with a water depth of ~1000 m). The results showed that the vertical displacements of seawater triggered by internal waves were observed two times within 36 hours at both DS and K2 stations. However, no significant difference in chlorophyll *a* inventory within the euphotic zone was found between the warm water carried down (WWCD) and cold water brought up (CWBU) periods at the both stations, suggesting that phytoplankton production might not respond to the passage of internal waves during the short term study period (36 hours). Furthermore, partial pressure of CO<sub>2</sub> (*p*CO<sub>2</sub>) in surface water did not show significant difference between the WWCD and CWBU periods at the both stations, implying that the vertical motion of seawater was restricted beneath the mixed-layer and with negligible impact for surface *p*CO<sub>2</sub>. The comparison between the two stations further revealed that the nutrient-replete subsurface water could be brought into shallower depth at DS station than K2 station during the passage of internal waves, which can subsequently stimulate phytoplankton production. Consequently, the chlorophyll *a* inventory within the euphotic zone at DS station was significantly higher than that at K2 station. Moreover, the surface *p*CO<sub>2</sub> at the DS station was significantly lower than that at the K2 station by ~20 μatm, which could be resulted from the enhanced phytoplankton production and cooling effect induced by the passage of internal waves in the shallow water area. In summary, the present results showed that the passage of internal waves may be favorable for the absorption of atmospheric CO<sub>2</sub> in the shallow water area.

Keywords: internal wave, CO<sub>2</sub>, South China Sea