

《專題報導》河魴毒及麻痺性貝毒

本文轉自科學發展月刊419期（2007年11月出版），感謝行政院國家科學委員會《科學發展》月刊編輯部的同意及協助。更感謝本系列文章的作者 黃登福、盧秋燕、鄭朝安、黃培安、林欣榮、任曉晶、呂雅蕙、黃秋菊 撰寫如此豐富的題裁，並同意本刊轉載，讓本刊讀者能有機會讀此大作，本刊在此致上十二萬分的謝意。

河魴毒及麻痺性貝毒

水產資源的開發，以及在食品、保健、醫療、生質能源等方面的應用，世界各國都極為重視。而水產資源的永續經營利用，首須注意會引起人類中毒死亡的海洋生物毒，因此邀請相關學者專家就國內海洋生物毒的學術研究成果，把有毒海洋生物的特性、食用安全性、毒素特性及藥理作用、中毒流行性及預防治療等問題作一系列的報導，進而使國人了解其毒藥理作用，以利進一步開發做為生化及醫療藥品。

海洋生物毒一般指魚貝類本身體內所含的生物毒素，成分包括蛋白質、胜肽、脂質、醣類、鹼土化合物、氰化合物、硫化合物等。其來源有內因性的生合成和外因性的食物鏈兩種途徑，其存在的生物意義有保護作用、攻擊作用、傳宗接代等。其生物分布廣及微生物、浮游動植物、低等水產動植物、高等水產動植物等。毒素的毒作用有神經毒、肝臟毒、血液毒、皮膚毒、過敏性毒等。魚貝類引起的食物中毒事件中，主要因素是由於微生物病原菌所致，海洋生物毒所致的魚貝類食中毒，可怕的是嚴重時會使人死亡。

本專題報導的主題是屬於神經毒的河魴毒和麻痺性貝毒，這兩種毒素廣泛存在於海洋魚貝類中，不僅在世界各國時常造成食物中毒甚至死亡的個案，在台灣也是使人聞之喪膽的天然海洋生物毒。期望藉由本專題的報導，使國人認識具有河魴毒和麻痺性貝毒的海洋魚貝類及其相關食品，以避免誤食而發生意外。更期待對海洋生物毒有興趣的學者專家和青年學子，一起加入學術研究團隊，開發水產資源在生化醫學上的利用。

專題報導特邀編輯

黃登福

台灣海洋大學生命科學院食品科學系

河魴食用的安全性

黃登福、盧秋燕

台灣海洋大學食品科學系

近年來，加工業者由於黑鯖河魴產量不足，又缺乏對魚種的辨識能力，盲目地把台灣產河魴製成香魚片，屢次造成食物中毒事件。市售香魚片的安全性須加以監測，其製造生產也須加強管理，以保障消費者的安全。

河魴

河魴屬於魴目，特徵是鰓裂小，口小，臀鰭無硬棘，腹鰭退化，體表有棘狀小鱗，或骨板，或長棘，或裸露無鱗。一般俗稱的河魴包括二齒魴科、三齒魴科、四齒魴科和箱魴科，其中四齒魴科的牙齒



二齒魴科六斑二齒魴，無毒，但須防刺棘

是四齒狀，大多數四齒魴科魚種含有河魴毒劇毒，誤食會致死。箱魴科俗稱箱河魴，魚體被覆由鱗片癒合而成的骨板，形成盾甲包住全身，外型猶如箱盒子，含箱魴毒，誤食也會中毒。二齒魴科和三齒魴科魚類並未被發現有毒，二齒魴科的牙齒呈二齒狀，而三齒魴科的牙齒呈三齒狀。

河魴中，四齒魴科魚類在台灣俗稱鬼仔魚、規魚等，另二齒魴科魚類，因會吸入海水或空氣而膨脹鼓起，又稱為「氣球魚」或「吹肚魚」。河魴自古就盛產於中國黃海、渤海和東海，由於暗紋河魴產卵時會溯河而上，因此古代稱牠為「江豚」。後來在宋朝改稱為「河豚」，意謂從江河中捕撈的這種魚類，其美味猶如當時陸上最美味的豚肉。目前為避免其名稱與海豚相混，已改稱為「河魴」。

根據辭典記載，河魴古代又稱作魚侯、鮓、鮓、西施乳、嗔魚等，西元280年，晉朝時代的人把河魴視為美味珍品，謝混傳和王濟傳中都有「蒸魴甚美」的記錄。蘇東坡不僅寫有「竹外桃花三兩枝，春江水暖鴨先知，

萋蒿滿地蘆芽長，正是河豚欲上時」的詩句，還率先勇敢地提出了「直那一死」的口號。

另外北宋大詩人梅堯臣的詩句有「春洲生荻芽，春岸飛楊花，河豚當是時，貴不數魚蝦，其狀已可怪，其毒亦莫加」。清朝大史學家錢大昕在新體詩〈河豚之歌〉中，則有「河鄉多河豚，腴美勝梁肉，先春舉網得，不待垂楊綠」。中國嗜吃河鮠的地方首推吳越兩地，吳越就是現今的江蘇、浙江兩省附近，因臨黃海、東海，接長江，饒產河鮠，當地招待來賓如不上河鮠佳餚便不算盛宴。



四齒鮠科紅鰭多紀鮠，又稱為虎河鮠，是日本河鮠料理最頂級的原料魚

鄰邦日本特別喜歡吃河鮠生魚片，並視為人間美味。尤其在江戶時代，讚美的詩詞流傳民間，食用河鮠的盛行及其味道鮮美可見一斑，也因此使得日本因食用河鮠而中毒死亡的事件層出不窮。

根據日本厚生省（相當我國衛生署）的統計，在1959年以前每年因河鮠中毒死亡的人數超過100人，至1981年間中毒死亡人數降至二位數，直到1982年以後才降至每年10人以下。然而每年因河鮠中毒而死亡的人數，都占有所有食物中毒死亡人數的半數以上。台灣近年來幾乎每1至2年都會發生誤食河鮠中毒，甚至致命的事件。

河鮠極品料理

在河鮠料理中，最廣為人知的吃法就是做成生魚片。在日本吃河鮠的時節一般是在一、二月之間，大多數日本人認為這個時候的河鮠味道最鮮美，生食最美味。常見的料理方法就是所謂的「菊盛」，就是先把河鮠切成薄薄的、接近透明的菊花瓣形切片，再放入盤中由外向內疊層排成菊花的形狀。吃的時候，必須由外側向內側一層一層地吃，而且儘量不要碰到旁邊的切片。因此用筷子要格外小心，以免太早破壞排列漂亮的菊花



日本東京都河鮠生魚片料理師考試現場，材料及工具包括1尾虎河鮠，3把料理刀、1個砧板、2個淺盤（分別放內臟和其他可食用部位），1個圓盤（放肉片），兩塊紗布和1套工作服。

形狀。

河魴的魚肉除了生魚片的吃法外，也有清蒸、紅燒、煮湯等料理方式。河魴的魚皮富含膠質，因此常做成魚皮凍。首先把加工處理過的河魴魚皮用水燉煮直至溶化，去除雜質後冷卻成為凍狀即可。此外把河魴魚鰭做成酒來飲用更另有一番風味，以溫火把已風乾的河魴魚鰭烘烤至焦狀，再把魚鰭放入攝氏80度的清酒中泡置數分鐘就成為魚鰭酒。

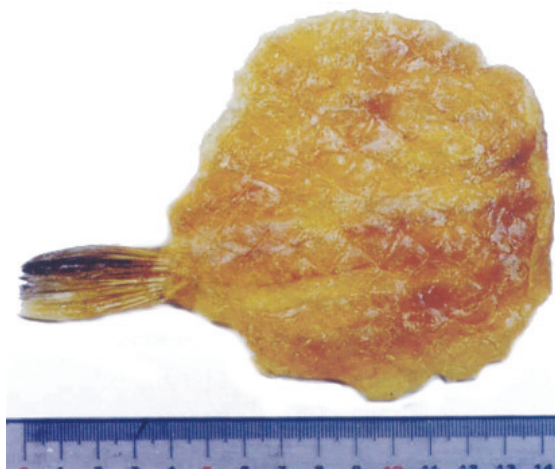
也可把河魴加工製成香魚片銷售。由於香魚片在加工過程中添加許多調味料以增加風味，其共同特徵是糖含量較高，平均在 25% 以上。當河魴捕獲時，並不會立即製成香魚片，通常會擺放幾天，待其核3酸分解成風味物質後再製成成品。由於一般工廠會擺放至接近腐敗程度，因此其揮發性鹽基態氮（腐敗判斷指標之一）的指數常會偏高或超過安全界限。

香魚片的食用安全性

香魚片在水產食品中是屬於調味乾製品，是以魚肉為原料添加食鹽、糖、調味料等，經風乾後加以烘烤壓扁而製得，也有僅風乾而並未烘烤壓扁就銷售的。

台灣早期（約西元1975年之前）製造香魚片的原料是使用01魚和剝皮魚，因上述兩種原料價格日益高漲，業者多改用低價的黑鯖河魴、白鯖河魴等無毒魚種。由於河魴自古以來即知有毒，這種製品一直禁止在魚市場販售。但自1981年之後，鑑於加工業者實際已在加工利用黑鯖河魴，政府因此放寬這類河魴可經由市場交易。

台灣產河魴的種類約有30餘種，除了上述黑鯖河魴和白鯖河魴外，其他河魴大多是有毒魚種。近年來，加工業者由於黑鯖河魴產量不足，又缺乏對魚種的辨識能力，盲目地把台灣產河魴製成香魚片，屢次造成食物中毒事件。由於河魴製成香魚片時會因魚種包裝、尾巴留與不留的不同，無法從其外觀形態得知其原料是不是無毒河魴，因此摻雜有毒種河魴的情形



有毒魚種瀧紋河魴加工製成的香魚片

屢見不鮮，市售香魚片的安全性須加以監測，其製造生產也須加強管理，以保障消費者的安全。

一般而言，在河魴魚種分辨上大多由外觀上的特徵來判斷。分類學上則以骨骼學、肌肉學、歧支分類學、生活史特徵，甚至鰭特徵、鱗片、腸形等來區分魚種的親緣關係。上述方法都著眼於形態上的變異，在分類學上常會出現不同的結果。在加工時，隨著過程的進行，外觀特徵會隨之去除，因此無法判斷魚種。

目前已開發出分子生物檢測的技術，如利用電泳分析蛋白質組成，由於魚種不同其蛋白質成分就會不一樣，利用電泳蛋白質圖譜就可分辨不同魚種。另外利用魚種的基因體特異性，大量純化特異基因，再做基因體序列分析，或利用特殊基因酵素把基因切成特定片段，由於魚種不同基因序列和基因片段就會不同，也可判定魚種。這兩種技術都可進一步鑑定經由加工而無法判別的魚種，以監測原料是否摻雜有毒河魴，並保障消費者的安全。

河魷毒的中毒與治療

鄭朝安¹、黃登福²

1.金門技術學院食品科學系 2.台灣海洋大學食品科學系

國內以往發生的河魷毒素中毒案件，都是因為不明瞭自己吃的是河魷，或是吃到其他非河魷但含有河魷毒素的食物而中毒的。因此為預防中毒，應避免食用來路不明或不知名的魚類、螺類。

一般所謂的魚類食物中毒，絕大部分是因食用不新鮮魚貝類所引起的細菌性中毒或魚肉腐敗而造成的中毒案例。然而，有時吃極新鮮的水產品也會中毒，因為這些水產品本身就含有毒素。這些毒素統稱為海洋生物毒，在海洋生物毒中，最為人熟悉的應屬河魷毒。

台灣曾在1977年外銷義大利的香魚片中，因混入有毒的河魷魚肉，造成一名義大利人和一名比利時觀光客中毒死亡。其後，偶爾有類似的食物中毒事件發生，且死亡率頗高。在台灣、日本、香港、中國大陸、泰國、新加坡、美國等都發生過中毒案例。

在日本，河魷是當做傳統食品食用的。河魷肉的價值甚高，餐廳把河魷肌肉部分以生魚片的方式做成美味的高級料理。

1909年日本學者田原首先把河魷毒命名為tetrodotoxin (TTX)，但直到1964年，幾個不同研究小組才同時提出河魷毒的分子式是 $C_{11}H_{17}O_8N_3$ 。河魷毒主要是阻斷神經衝動的傳導，具抑制呼吸的作用，會引起呼吸肌麻痺，對胃腸道也有局部刺激作用，並可使血管神經麻痺，引起血壓下降。河魷毒的檢測方法，目前常使用的是小白鼠的生物毒性檢定法。河魷毒劑量表示法是老鼠單位，1老鼠單位代表使20克的小鼠在30分鐘死亡的毒劑量。

河魷毒也是極其珍貴的生物藥品原料，經萃取純化後價值更高。河魷毒目前正開發用來替代現



日本東京上野公園的河魷紀念碑，顯示河魷料理在日本的地位

行通用的麻醉藥品，且無任何副作用，經高度稀釋後的河魴毒素滴液也可應用於戒毒。

台灣的中毒案例

1994年1月，在彰化地區發生的食物中毒事件，有5個人共食不明魚種的魚卵，其中4人中毒。那批魚卵是從彰化沿海捕獲的不明魚種取得。有2人於食後1小時發生頭暈、口唇及四肢麻痺的現象，接著呼吸困難、嘔吐及喪失意識。另1人由於進食較少，症狀較輕微，於食後2小時僅唇舌麻痺，最後全身麻木。把這3位患者送往彰化基督教醫院以度巴明（dopamine）及氧氣治療6天後康復回家，另2人資料不可考。

上述有紀錄的3位患者，就醫時經血液學和一般生化檢查都屬正常。把患者食用的殘餘魚卵依河魴毒的生物檢定法測其毒性，得知魚卵每公克含有150老鼠單位的河魴毒。

1995年6月，新竹地區發生一件食物中毒事件，有一對夫婦煮食雲紋蝦虎中毒。這批魚是從竹南中港溪捕獲的。二人在食後1小時發生頭暈、口唇及四肢麻痺的現象，並有呼吸困難、嘔吐和全身麻木的症狀。其中婦人因攝食較多，症狀較嚴重，經新竹省立醫院治療數日後才康復回家。把患者食用剩餘的3尾魚體依河魴毒的生物檢定法測其毒性，得知毒性值範圍是肌肉4~24老鼠單位/克，頭部5~120老鼠單位/克，內臟7~84老鼠單位/克。

1999年11月，行政院衛生署疾病管制局接獲成功大學附設醫院通報4名罹患急性無力肢體麻痺病例。這4名學生在吃完午餐約1小時後，陸續發生口唇、舌、顏面等部位麻痺現象，並逐漸擴散至頸部及四肢，且呈現運動失調、身體飄浮、嘔吐等症狀。其中一名症狀較嚴重，送院時已呈半昏迷狀態，轉入加護病房，經血液透析及支持治療後病情才轉穩定。由這幾位學生的症狀、治療情形及學校所提供午餐的菜單，研判這次事件應是午餐中的香魚排含有河魴毒所引起的中毒事件。

2000年7月，在嘉義東石有一位民眾在當地餐廳用餐後，就出現嘔吐、頭暈、嘴麻、手麻等症狀，經就醫診所向衛生單位通報後的調查，發現當天曾食用炒螺肉，其中毒極可能與螺肉有關。經檢驗剩餘螺肉，測得檢體中含有118老鼠單位/克的河魴毒，中毒的螺類經鑑定是大玉螺。

2001年4月，在金山鄉外海作業的漁船，因食用自行捕獲的不知名螺類，導致5名大陸漁工中毒，送醫急救。所吃的螺類經鑑定是素面織紋螺與球織紋螺，河魴毒毒量分別高達730老鼠單位/克及490老鼠單位/克。

2002年2月，屏東新鄉鹽埔仔一位漁民，因食用自行捕獲的海螺後，感到唇、舌、面及頸部有刺痛感，並有暈眩症狀而送醫急救。這次中毒事件的毒螺經分析後有3種，分別是橙口榧螺、台灣榧螺和平瀨榧螺，河魴毒毒量分別是149、35與58老鼠單位/克，毒素主要蓄積在肌肉中。

2002年5月，高雄市一對夫妻食用親友從澎湖海域撈獲的不知名螺類，2小時後，發生嘴巴與手腳麻痺、上吐下瀉、頭暈神智不清、呼吸困難等不適症狀，其中一名患者不幸死亡。剩餘的螺類轉送至行政院衛生署藥物檢驗局檢驗，檢測出長約4~5公分的疣織紋螺具有河魴毒320老鼠單位/克，以及粗果織紋螺具有河魴毒386老鼠單位/克。

2004年4月，晁欣號6名船員在東沙島海域捕獲不知名的螺類，燙熟食用後半小時出現麻痺、昏迷、噁心、嘔吐、運動失調、語言障礙等嚴重中毒症狀，其中兩人不幸身亡。中毒螺類經鑑定是織紋螺科的椶子織紋螺，螺體和病人的血液、尿液檢體經檢驗，發現造成這次中毒事件的物質是河魴毒，且螺類樣品的消化腺與肌肉平均毒量分別高達2,048和2,992老鼠單位/克，總平均毒量是5,188老鼠單位/個體。

2005年10月，小琉球群島發生一起因食用疣織紋螺而引發的食物中毒事件，67歲的患者在食用後出現麻痺、昏迷、語言障礙等典型中毒症狀。剩餘螺類樣品經送驗，發現造成這次中毒事件的物質是河魴毒和少量麻痹性貝毒，個體毒性範圍介於63到474老鼠單位/個體，螺類樣品的中腸腺與其他部位平均毒量分別是296和382老鼠單位/克。

其他國家的中毒案例

除了台灣，許多國家都曾發生河魴毒中毒的案例，包括日本、中國大陸、泰國、孟加拉等國家，其中以日本統計的案例較完整。因日本把河魴生魚片當做餐廳的高級料理，管理較嚴格，統計也最精確。在最近10年，日本因食用河魴而中毒的死亡率約8.3%，案例大部分是漁民自行捕獲的河魴類魚種，由漁民自己宰殺烹飪後食用而中毒，鮮少在餐廳因廚師的料理不當而造成。

日本人生食河魴肝臟，而肝臟一般是有毒河魴最毒部位之一，因而易造成食物中毒而死亡。做為河魴生魚片的魚種虎河魴，目前大都是養殖提供，這些養殖的虎河魴通常已不具毒性。因此，日本衛生單位厚生省自1983年推行食用河魴管制以來，死亡率就降至個位數。

孟加拉在1998年發生食物中毒案例，有8人食用橫紋多紀魴，造成5人死亡，他們的中毒症狀包括呼吸困難、嘴唇麻痺、胃痛伴隨著嘔吐。在食用2小時後，症狀就出現，且隨時間增加症狀也更加嚴重。有2人在送醫途中就已死亡，剩下6人送至醫院後有3人陸續死亡，最後僅有3人痊癒離開醫院。

在中國，自古代就有食用河魴而發生中毒的事件，但中毒事件的紀錄並不完整。2002年6月文昌市發生河魴中毒事件，進食人數3人，中毒3人，死亡1人。漁民自漁船上捕獲河魴，自認懂得這魚種的毒性及料理，經處理後和西仔魚混在一起煮熟與家人共享。食用1小時後，開始有人出現中毒症狀：口唇、舌、四肢發麻，手無力，噁心、嘔吐等現象。該漁民在進食的同時飲酒，病情最嚴重，經過約3小時後死亡。

另外，浙江省舟山市人民喜食織紋螺，但25年來不斷發生食物中毒事件，已有16人死亡，其中以1978～1979年中毒頻率最高。

在泰國，曾有人因食用馬蹄蟹而中毒的案例。患者的中毒特徵很像河魴毒或麻痺性貝毒的症狀，經長時間研究發現馬蹄蟹體內同時含有河魴毒及麻痺性貝毒。

此外，美國在2000年記載有10人因食用河魴而死亡，其中4人在夏威夷。另有記錄2位荷蘭水手食用南美產河魴肝臟而死亡。

河魴毒的中毒症狀

對體重50公斤左右的人而言，河魴毒的半致死劑量約為10,000老鼠單位，換算成精製的河魴毒素則相當於2毫克，毒性相當於氰化鈉的1,000倍以上。

河魴毒的中毒症狀，依中毒患者所攝食的劑量、年齡及健康狀況而有所不同。根據日本學者從輕症狀到重症狀約可分為4級。

第1級，依據患者攝食的河魴毒總量，初期症狀約在10～45分鐘出現，且可能持續3～6個小時。其中毒症狀分神經症狀及消化道症狀。神經症狀包括嘴唇、舌頭及咽頭感覺異常，味覺錯亂、頭昏眼花、頭痛、發

汗、瞳孔收縮，同時伴隨消化道症狀如流涎、噁心、嘔吐、腹瀉和腹痛。

第2級，神經肌肉症狀，包括更明顯的皮膚感覺異常、四肢末端麻痺、瞳孔擴張、瞳孔和角膜喪失反射能力及呼吸困難。

第3級，神經肌肉症狀，包括咽喉麻痺造成吞嚥困難和痛苦、昏睡、肌肉運動能力失調、飄浮的感覺、中樞神經和肌肉神經癱瘓。呼吸和心臟血管方面，包括低血壓、極低血壓、血管舒縮被阻塞，心臟的跳動症狀包括竇性緩脈、無收縮心律、心跳過速、房室結傳導異常、發紺、臉色蒼白和呼吸困難。皮膚症狀有鱗狀皮膚炎、瘀斑現象出現。

第4級，包括呼吸衰竭、極度低血壓、喪失肌腱反射能力。儘管有些病人表現精神能力受損或變成昏睡，但大部分病人在死亡前都保持神志清醒。通常包括呼吸肌肉的進一步麻痺現象，出現在中毒後6~24小時內。若病人可以支撐超過24小時，通常預後良好。

除了上述症狀，有些病例報告含有不平常的特徵，如高血壓、腦神經性尿崩症。這些會產生高血壓的患者，經實驗發現其本身就帶有高血壓和副交感神經較敏感的特徵。

河魴毒的治療方法

截至目前為止，河魴毒尚無有效的抗體或解毒劑可供使用，因此河魴毒中毒患者的治療目前以支持性療法為主。臨床症狀如未有嘔吐現象，則可施予催吐處理，以減低毒量的吸收。必要時提供洗胃處理，洗胃時可添加2%的碳酸鈉和活性炭以中和及吸附毒素。若患者未發生呼吸衰竭現象，應不會造成死亡。但患者若已產生明顯的肌肉無力現象，則應隨時準備放置氣管，插管提供氧氣，並以人工呼吸器幫助呼吸。

對於嘔吐嚴重的患者，則須補充足夠的體液及電解質。而對血壓降低的患者，除了給予靜脈輸液外，必要時應給予升壓劑如阿托品的藥物。另外曾有人建議使用具乙醯膽鹼作用的藥物，但其效果仍未確定，因此現今仍以支持性療法為主。若患者能度過中毒後的24小時，且無併發症產生，通常會順利復原。

河魴毒的預防

到目前為止，河魴毒的檢測須在有特定設備的實驗室中才能完成。通常採用生物檢定法，尤其是利用小鼠的檢定法，因小鼠價廉且易於得到，

一般是以腹腔注射的方式測出毒量和致死時間的關係。

國內以往發生的河魴毒素中毒案件，都是因為不明瞭自己吃的是河魴（河魴種類有數十種之多），或是吃到其他非河魴但含有河魴毒素的食物（如織紋螺、蝦虎魚、螃蟹）而中毒的。因此為預防中毒，應避免食用來路不明或不知名的魚類、螺類。

在一般的烹飪條件下，河魴毒具熱穩定性且不易分解，因此在食用時千萬不要以為加熱後食用就不會中毒。同時更應避免食用毒性較大的內臟部位，必要時應禁止出售和食用河魴魚。

在河魴毒的預防上至少要做到下列3點。首先是避免攝食河魴，如欲攝食河魴，應先確定魚種，並經「有效地去除其內臟組織及皮膚」等適當調理，否則應避免攝食。其次是不食用來源不明或非平常食用的水產物，以免誤食有毒的魚貝類。當不幸中毒時，應先使患者嘔吐，把胃內容物排出，並緊急送醫急救。

另外，如果因食用未知魚類產生中毒症狀，應儘速就醫，以免因中毒嚴重，產生呼吸衰竭而死亡。目前衛生署和漁業署已把有毒的生物製成圖檔，公布在網站上或已印製成圖冊，提醒一般民眾在食用上注意安全，歡迎查看。

河魴毒的化學及藥理作用

黃培安¹、黃登福²

1.行政院農委會水產試驗所 2.台灣海洋大學食品科學系

河魴毒就如同一顆又嗆又令人害怕的小辣椒，在加工過程中的殺菌或水洗步驟都無法把它去除，而成為食品安全上的一大障礙。但近來發現河魴毒不只是毒，它還可能是一種新型的藥物。

河魴毒的化學特性

天然毒素的種類甚多，依來源主要可區分為植物性天然毒、動物性天然毒和微生物天然毒3類。若依化學性質區分，可分成蛋白毒素與化學毒素兩類。河魴毒就是屬於動物性天然毒中化學毒素的一種。

這些存在於自然界中的毒素毒性強度不一，因此對於人類的威脅也差異甚大，輕則造成腸胃不適、腹瀉、嘔吐或過敏症狀，重則可能致癌或造成急性死亡。

一般大眾認為食物中「不好的」物質可經由加熱來「殺菌」或「消毒」，以避免食物中毒的發生。但事實上，這個觀念只適用在微生物污染菌或其生成物上，因為這類毒素通常是蛋白質，所以易受加熱或消化酵素的破壞而失去毒性，較能利用人為的方式達到消毒的目的。

河魴毒與蛋白毒素卻截然不同，它是一種對熱較安定的毒素，在攝氏100度加熱30分鐘或攝氏121度加壓加熱15分鐘，雖可使毒性下降20~40%，但並無法完全去除。也就是說，即使在一般製罐過程中的加熱也僅能使毒性減低，仍具危險性。

有關河魴毒性的記載始於1860年代。文獻中主要提及河魴的肉質鮮美，可喻為天下第一美味，日本人甚至認為入口時會造成一點麻麻的肉品更是上選（其實是極輕微的中毒症狀），因此有著「拚死也要吃河魴」的說法。

然而直到1950年，日本學者才進一步分離出結晶的純河魴毒。爾後再經歷了10年的努力，於1964年3個不同的研究小組，在東京舉行的國際天然有機化合物研討會中一同揭開了河魴毒的神祕面紗，提出河魴毒的化學結

構，也開啟了河魴毒研究的大門。

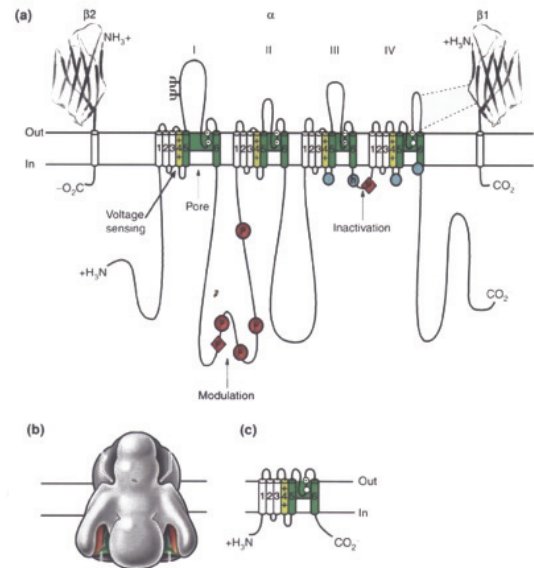
河魴毒主要由多個環狀基所組成，此外含有1個脒（guanido）官能基和6個氫氧基，分子式是 $C_{11}H_{17}O_8N_3$ ，分子量319相當小，屬於弱鹽基類毒性物質。它的毒性相當於氰化鈉（NaCN）的1,000倍以上，不溶於水或有機溶劑，但可溶於醋酸水溶液中，且在 $pH > 7$ 或 < 3 時較不穩定。

此外另有許多種衍生物，其分子量介於286至320之間，但毒性仍以河魴毒最強。基於上述的特殊化學特性，可以了解河魴毒就如同一顆又嗆又令人害怕的小辣椒，它的熱安定性和低溶解性使得加工過程中的殺菌或水洗步驟都無法把它去除，而成為食品安全上的一大障礙。

河魴毒的中毒機制

18世紀末，庫克船長在一次旅途中第1次見到河魴，便捕撈做為晚餐，在他們吃了相當量的河魴之後，就開始感受到河魴毒的威力。庫克船長在日記中描述如下：「凌晨三、四點，我們的四肢開始無力，同時也失去知覺，彷彿是手腳在受到霜凍之後，又被大火烹烤一樣，慢慢地我們有麻痺現象產生，同時也喪失了觸覺等感受，接著開始嘔吐。」就現今的科學知識可以很清楚地判斷庫克船長確實是河魴毒中毒，而河魴毒的中毒機制主要與阻斷神經訊息傳遞有關。

動物的神經纖維是由神經膜所構成的，而神經膜內擁有可允許鈉和鉀兩種離子通過的通道。當神經靜止不活動時，鈉離子通道便關閉，而鉀離子通道開啟，這時因內外鉀離子濃度差而產生的電壓稱作鉀電位。當神經受刺激而活動時，細胞膜上的鈉離子通道通透性上升，使得胞外鈉離子大量湧入胞內，而產生去極化



鈉離子通道是一種膜蛋白，主要可分為3種次單元體，分別是 α 、 β_1 及 β_2 次單元體。其中學者認為河魴毒毒素主要的結合位置是 α 次單位體，結構上包含了4個區域，每個區域則具有6個片段（ $S_1 \sim S_6$ ）。在學者針對鈉離子通道作毒素結合位置的研究中，觀察到在4個區域的 $S_5 \sim S_6$ 位置會與河魴毒毒素結合，造成鈉離子通道的關閉而導致細胞被破壞。

作用。若去極化達到一定的閾值（threshold），使得膜內電位較膜外為正，就會產生動作電位。反之，當細胞內液的負電性比細胞外液強時，便沒有神經傳導的作用。

鈉離子通道主要由 α 、 β_1 及 β_2 3個次單元組成， α 與 β_1 、 β_2 之間以雙硫鍵做為連結，其中 α 單元是最主要的部分， β 單元的存在與否僅會影響鈉離子通道開啟、閉鎖轉換的快慢。 α 單元是由4個同源區所構成，每區又由6條 α 螺旋狀穿越細胞膜片段（ $S_1 \sim S_6$ ）構成。在穿越細胞膜片段的 S_5 與 S_6 之間，則以「環路」使兩者相連形成通道孔，河魴毒便是結合在這個環路上，造成鈉離子通道的阻塞，導致神經訊息無法傳遞，進而引發一連串的神經性症狀。

也就是說，當河魴毒進入體內後，會先經由血液的運送而阻塞鈉離子通道，導致神經訊息無法傳遞。但是河魴毒與「環路」的結合並非是專一性或永不解離的，兩者之間是靠著許多鍵結力結合在一起的。當鍵結力受到影響或破壞時，河魴毒就會與「環路」分開再度回到血液中，最後經由尿液、糞便、汗液等途徑排出體外，這也就是河魴毒中毒治癒的機制。

從上述的小故事與現今的科學知識相比對，可以清楚地看到幾項河魴毒中毒的關鍵點：

- （1）河魴毒中毒的潛伏期一般在3小時內（通常是10~45分鐘），但症狀表現和潛伏期長短都受到進食毒素量多寡的影響。
- （2）河魴毒屬於神經毒，因此中毒反應大多是神經性反應，包括輕微頭痛、噁心、嘔吐、麻木或刺痛（包括口、舌和四肢）、頭暈無力、具飄浮感、運動失調、流涎和吞嚥困難。嚴重個案甚至出現呼吸麻痺、低血壓、心跳減慢等現象。
- （3）河魴毒中毒後若能存活超過18~24小時就無生命危險，且在體力恢復後並不會留下任何後遺症。由此可以推測庫克船長當時應沒有吃下太多的河魴毒，才能在痊癒之後清楚地把中毒症狀一一記載下來，讓河魴毒的發展史完整地流傳到現在。

河魴毒的藥理作用

隨著對河魴毒化學性質和中毒機制的了解愈來愈深入，發現河魴毒不只是毒，它還可能是一種新型的藥物。過去日本曾嘗試把它開發做為鎮

痛、鎮痙和鎮靜劑，在中國大陸也曾做為癌症末期患者的止痛劑。但是難以突破的瓶頸在於用藥劑量，以及個體差異對河魴毒的敏感性差異甚大。

科學家與醫界會興起這樣的想法，是因為長久以來多使用嗎啡做為止痛劑，但是長期使用嗎啡除了會有成癮或抗藥性的疑慮之外，尚有部分副作用，如便秘、噁心、嘔吐、有睡意、頭暈、錯亂、排尿障礙、皮膚發癢、呼吸抑制等。這些副作用通常會造成患者更多的生理不適和精神壓力。

由於河魴毒具有抑制神經傳導的作用，因此在開發醫療應用時也是把焦點放在這個特性上。目前已把河魴毒開發做為「保護神經細胞」的藥物，以應用於腦中風後所造成的局部性缺血，避免引發神經細胞死亡。這是由於腦中風後會有局部缺血現象，使得神經細胞膜上產生重複性的放電，這樣不正常的放電動作是由於鈣離子通道大量湧入鈣離子所造成的，而如此高濃度的鈣離子會使得神經細胞死亡。河魴毒則是一種神經突觸的鈉離子通道阻斷劑，能夠避免或降低局部性缺血所造成的傷害。

在動物模式中，也發現河魴毒是相當好的止痛劑。學者以注射方式給予大鼠河魴毒，發現河魴毒對於受傷所造成的發炎反應、肌肉疼痛和神經性疼痛都能有效地減輕。隨著河魴毒的劑量愈高，減輕疼痛的效果愈佳，且無其他副作用，相較於嗎啡而言是一種溫和性的止痛劑，可應用於不同病症上。

此外，科學家認為河魴毒可能也具有影響基因層面的能力，因為在實驗中發現河魴毒雖然不具抑制癌細胞生長的能力，但能夠抑制前列腺癌的轉移。目前已知前驅蛋白是造成阿茲海默氏症的重要因素之一，而科學家發現若給予小鼠 $1\ \mu\text{M}$ 的河魴毒，便能夠抑制其體內前驅蛋白的合成。若能把它有效應用在靈長類動物上，未來可能發展為阿茲海默氏症的新型治療藥物之一。

雖然河魴毒應用在醫藥上的可行性仍然需要時間證實，但這種種的可能性仍然令人感到興奮。「毒即是藥、藥即是毒」，很多時候是毒是藥很難有個明確的界定。一項物質若能適量、恰當地使用便可能是藥，反之若不當使用則是毒，河魴毒便是如此。這項觀念在新藥研究的發展方向上，一直對學者們有著啟發與衝擊性的作用，而各種生物體內所含的多樣性特殊天然化學物質，以及這些化學物質在生物體內及生態環境中所扮演的角

色，也常令學者們在研究過程中有著諸多的意外與驚喜。

美國聯邦食品藥物管理局（FDA）在2004年核准了全球第1項源自於芋螺毒素的海洋天然藥物prialt，做為罹患癌症、愛滋病等生命末期病人，因施打傳統止痛劑產生成癮、抗藥性等副作用時的最後一線替代性止痛藥品，是目前最新的海洋毒素天然藥物。

在過去20幾年來，河魴毒一直扮演著「毒」的角色，讓民眾避之唯恐不及，也成為食品安全的一大考驗。然而河魴毒的角色隨著科學的進步逐漸轉換成藥物，希望未來有一天河魴毒也能夠跟芋螺毒素一般，正式成為天然藥物之一。

河魴毒的分布及來源

林欣榮¹、黃登福²

1.經國管理暨健康學院食品科技系 2.台灣海洋大學食品科學系

河魴毒除了存在於河魴體內之外，也廣泛分布在自然界中。為什麼某些生物體內含有河魴毒？大致上有兩種不同的說法。一是由生物本身體內生化合成的內因說，一是經由攝食或寄生/共生細菌的生長而蓄積在體內的外因說。

食用河魴常會致死，因此其體內所含毒素是人們最熟知的海洋生物毒之一。早在兩千年前，中國的《山海經》就提到肺魚（河魴）會毒死人，而在《台灣通史》的〈虞衡誌〉中也說：「河魴的肝臟有毒，食之致死。」日本戰國時代豐臣秀吉出兵朝鮮，在下關集結的武士們因食用河魴而大量中毒死亡，是歷史上有記載的。

河魴肉質鮮美中外皆知，中國江浙一帶曾流傳一句話：「不吃河魴，焉知魚味；吃了河魴，百魚無味。」而日本人特別喜歡吃河魴生魚片，視其為人間美味。江戶時代，讚美的詩詞流傳民間，食用河魴的盛行及其鮮美可見一斑。也因為如此，在日本因食用河魴而中毒死亡的事件層出不窮。1981年以前，每年中毒死亡人數始終維持在百人以上，直到1982年以後，才下降到10人左右。每一年因河魴毒而死亡的人數幾乎佔所有食物中毒死亡人數的一半以上，也因此與河魴毒有關的研究自然成為日本人研究的重心。

在台灣，有關河魴毒所引起的中毒事件雖不若日本多，但自1988年至今發生案例不斷，中毒人數超過100人，其中死亡率近1成。中毒事件發生地區包括台北、桃園、苗栗、新竹、台中、彰化、台南、高雄、屏東、宜蘭、花蓮和台東，其中以中部和高屏地區發生的頻率較高。食物來源則包括河魴、織紋螺（俗稱苦螺）、玉螺、榧螺、蝦虎魚和香魚片，而發生中毒的季節以冬春交替之際和五、六月最頻繁。

河魴毒是神經毒素，進入體內組織後會與神經或細胞膜上的鈉通道接合端結合，而阻止鈉離子進入細胞內，阻斷了神經訊息的傳導，造成末梢神經、中樞神經、知覺神經和運動神經的麻痺。當毒量高時，常會因迷走

神經麻痺，接著血管運動神經中樞橫隔膜和呼吸神經麻痺而死。河魴毒的毒性是氰化鈉的1,000 倍以上，目前河魴毒中毒並無特殊的藥物可直接治療，主要是維持患者呼吸的進行，並催吐、洗胃。另外可給予稀釋的活性碳和輕瀉劑，以利毒素的排出。

河魴毒除了毒性可懼，會造成食品安全問題之外，也因為能阻斷神經訊息的傳導，在醫療上可望成為不會成癮的新止痛和麻醉藥劑。



有毒螺類可能會混雜在魚市場販賣的螺類中

河魴毒的分布

河魴毒除了存在於河魴體內之外，也廣泛分布在自然界中，現在已知脊椎動物中的河魴、淡水河魴、蝦虎魚、蝶螈和青蛙，無脊椎動物中的頭足類、腹足類、扁蟲類、蟹類、海星、海洋細菌等都含有河魴毒。毒素存在部位主要包括卵巢、肝臟、皮膚、卵、中腸腺等，而這些生物存在的地域則以溫、熱帶海域和半鹹水地帶為主。



含有河魴毒的水產動物

河魨 河魨的毒性，有種別、部位、個體、地域和季節的差異。以日本產河魨為例，日本河魨、蟲紋圓魨有很強的毒性，在卵巢部位毒性最強。一般而言，台灣產的毒鯖河魨的卵巢和肝臟的毒性較高，腸道和皮膚次之。就毒性的季節性變化來看，在春季產卵時期卵巢的毒性最高，這可能與其為了繁衍後代，讓卵不被其他生物所攝食的演化有關。

蝦虎魚 琉球產的雲紋蝦虎魚最早檢驗出具有河魨毒，其毒性因地域、魚體部位和季節而有所差異，其中精巢和皮膚含有較高的毒量。其後美國加州產的3種蝦虎魚也相繼驗出含有河魨毒，主要存在於卵巢和肝臟中。而產在台灣的雲紋蝦虎魚，1967年曾造成高屏地區的食物中毒個案；1995年6月，也在竹苗地區引發了1件食物中毒案例，所含毒量相當高，最毒部位是頭部和內臟。另外，1999～2002年在澎湖採集到的雲紋蝦虎魚檢體，毒性也很高。

蠍蟾和青蛙 早在19世紀就發現蠍蟾具有致命的毒素，早期命名為塔里加毒素，1964年經鑑定後才發現原來是河魨毒，存在於蠍蟾的皮膚、血液和肌肉中。中南美洲哥斯大黎加產小型有毒青蛙（又稱為箭毒蛙）的皮膚分泌物毒素十分複雜，可以塗布在箭頭上來狩獵鳥獸，也發現含有約30%的河魨毒，主要分布在皮膚和卵巢。

藍紋章魚 藍紋章魚是無脊椎動物中首先發現含有河魨毒的。藍紋章魚身長約10～20公分，一般具褐色或黃褐色的帶狀斑紋，模樣十分可愛。當牠瞬間受到刺激時，身體會變黑，斑點會變為鮮豔的藍綠色，並從其後部唾液腺釋放出毒液，成分主要是河魨毒。其後也發現牠的卵巢中也含有河魨毒的類似物。



含有河魨毒的藍紋章魚，體型小帶藍綠色花紋，產於熱帶、亞熱帶和溫帶之間。

腹足類 屬於中大型螺類的白法螺曾在1979、1982和1987年，在日本造成數件食物中毒案例，並在其中腸腺中檢測出河魨毒。另外在日本鳳螺和蛙螺的中腸腺中也相繼分離出河魨毒，其中蛙螺的中腸腺毒性極高，屬強毒性的貝類。在台灣的玉螺科、織紋螺科和榧螺科中數種螺類，以及白法螺、蛙螺、岩螺、象牙貝（鳳凰螺科）和二枚貝中，也陸續檢測出含有河魨毒，毒素主要存在於中腸腺中，細紋玉螺的毒素則主要存在於肌肉中。

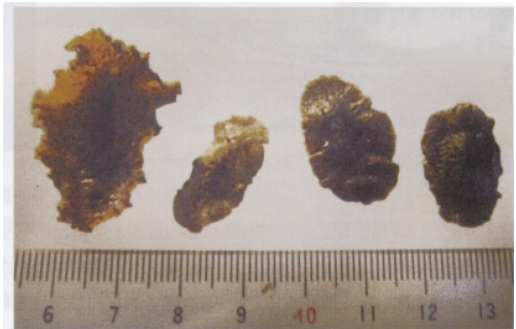
蟹類 有毒蟹類含有的毒成分會因地域的不同而有所改變。以河魴毒占有的比率來看，日本靜岡縣三浦半島產的有毒蟹花紋愛潔蟹，毒成分主要是河魴毒和少量的麻痺性貝毒。而從石垣島濱海珊瑚礁區所採集的，毒成分主要是麻痺性貝毒和少量的河魴毒。然而在珊瑚礁區100公尺外的小島上所採得的同種蟹類的毒成分，卻以河魴毒為主。

另外，菲律賓產的有毒蟹類銅鑄熟若蟹也含有微量的河魴毒，台灣產的同種蟹類則含有80%河魴毒。除此之外，台灣產的繡花脊熟若蟹、花紋愛潔蟹、雷諾氏鱗斑蟹等有毒蟹類都含有高比率的河魴毒。然而在基隆採集到的蕾近愛潔蟹，則僅含有3%的河魴毒。推測有毒蟹棲息地域的環境餌料生態應和蟹毒成分有關，但仍需進一步探討。

海星 1982年，日本研究河魴毒的知名學者野口玉雄教授等人，從造成食物中毒的白法螺消化道中發現海星*Astropecten polyacanthus*的殘體，並進一步收集這種海星的檢體進行毒性分析，發現其毒成分是河魴毒。之後在同屬於槭海星科的海星*A. latespinosus*和*A. scoparius*中，也檢測出河魴毒的存在。

在台灣，產毒螺的海域也發現槭型海星*A. scoparius*的蹤跡，這種海星與部分有毒螺貝同樣棲息在沿海或深海砂質底，屬於雜食性或腐生性動物。台灣槭海星科海星*A. scoparius*有高毒性，牠可從水體中、底層表面或底泥中攝食，是台灣目前有記錄的8科15屬18種海星中首先發現的有毒種。毒量最高的個體可毒死4人，幸好無人以海星為食，不過透過食物鏈的影響，還是有其危險性的。就海星毒性的季節變化而言，趨勢和其他含有河魴毒的生物十分相似，在生殖季節時比較毒！

扁蟲 扁蟲具有河魴毒是在進行一系列海洋生物的毒性監測過程中發現的。扁蟲可能是其他河魴毒保有生物（尤其是河魴）的毒化（餌料）來源，日本的研究人員在河魴活動的海域發現數種扁蟲含有較高毒量的河魴毒，牠們極可能是毒化河魴的元兇。而在台灣台北縣東北角臨海曾養殖虎河魴，其養殖場也發現池底的扁蟲具有毒性，毒性雖不



含有河魴毒的扁蟲，曾造成澎湖養殖牡蠣的大量死亡。

高，卻足以在冬季毒化河魴。

紐蟲動物 1988年，日本學者自幾種紐蟲動物分離出河魴毒。這類動物呈彩帶狀，性喜棲息在鹹海沙泥中和岩石下，毒素主要存在於身體的先端吻哨，可能做為捕食餌料生物和防禦外敵生物之用。

矢蟲 1988年，日本東京大學一位外籍教授自毛顎動物矢蟲分離出河魴毒。由於矢蟲是一種動物性浮游生物，屬於肉食性，當牠攝食餌料生物時會將其麻痺，因此猜想矢蟲頭部會分泌一種麻痺性物質，經研究後發現太平洋產的二種矢蟲都含有河魴毒。

細菌 河魴毒也有可能來自產毒細菌。哪些種類的細菌可能產生河魴毒呢？1986年日本學者自扇蟹花紋愛潔蟹的消化道中分離出優勢生長的弧菌，經分析發現細菌及培養基都含有微量的河魴毒，表示扇蟹腸道中的弧菌不但有毒也會釋放河魴毒！接著又有人發現河魴*T. poecilonotus*皮膚黏液上的假單胞菌也能生產河魴毒。

隔年在探討白法螺的毒化中物質來源時，發現其消化道中有海星*A. polyacanthus*的殘體，進而分析海星消化管內容物中的細菌相及產毒能力，發現在18株優勢菌中，有13株含有或能生產河魴毒。接著野口教授解析河魴*T. vermicularis*毒化的機制，發現河魴消化道內的弧菌屬細菌以壓倒性的優勢存在，且弧菌家族中的*Vibrio alginolyticus*產毒能力最高。

菲律賓產藍紋章魚的後部唾液腺、消化管、觸手和其他部位也有河魴毒生產菌存在，其中有較明顯產毒能力的6株，經生化鑑定是2株*Alteromonas spp.*、2株桿菌*Bacillus spp.*、1株假單胞菌和1株弧菌。

台灣也自細紋玉螺和球織紋螺的消化道和肌肉分離出10株河魴毒生產菌，並鑑定出它們的種名，多數屬於海洋弧菌屬。棲息在澎湖馬公市西衛里沿海的雲紋蝦虎魚的腸內細菌，和其棲息地底泥中也發現以弧菌為主的產毒菌。進一步研究這些菌的產毒能力，發現這些菌株在空氣供應不甚充足的環境下，產毒量較高，似乎表示它們在空氣量較少的底泥中和腸道內部成長較好。這也顯示河魴毒保有生物的毒素來源除腸內細菌外，與環境中的細菌也有密切的關係。

淡水河魴 近年來台灣觀賞魚業者大量引進淡水性的觀賞河魴，俗稱娃娃魚。淡水河魴在國外已有中毒案件發生，國內雖多做為觀賞用，但國人有棄養寵物的習性，若棄入河川，一旦適應生態成為族群而遭捕獲食

用，難保不會引發中毒事件。在台灣河魴中，綠娃娃魚、巧克力娃娃魚、八字娃娃魚、金娃娃魚和 *T. turgidus* 等5種淡水河魴都檢測出有河魴毒，毒性最高的是八字娃娃魚的外皮。

河魴毒的來源

為什麼某些生物體中含有河魴毒？大致上有兩種不同的說法。一是由生物本身體內生化合成的內因說，一是經由攝食或寄生/共生細菌的生長而蓄積在體內的外因說。

內因說 在早年，以為只有河魴才有河魴毒，因此推測河魴毒是體內合成的。但在發現其他物種也具有河魴毒之後，這種說法便行不通了，因為血源不同的物種卻具有產生河魴毒的共同遺傳因子，似乎不易理解。近一、二十年來，開始有養殖的河魴，這些養殖的河魴無毒，而野生種的河魴有毒，因此使內因說較難被接受。

不過有幾個有關不同物種的河魴毒刺激與分泌實驗，卻提供內因說的間接可能證據。例如研究人員從藍紋章魚的後部唾液腺分離出河魴毒，加州蝾螈經通入電流可由皮膚釋放出河魴毒。而在台灣腹足類的刺激實驗中，也發現細紋玉螺和球織紋螺經電擊刺激都會釋放河魴毒。其中細紋玉螺在每小時刺激1次，連續刺激4次以後，不再分泌釋放河魴毒，5天之後則恢復泌毒能力，顯示細紋玉螺或許能合成河魴毒！

在河魴方面，含有較強毒性的器官，除肝臟之外，卵巢也含有高量的毒性，且在春季產卵期毒性最高。為什麼大量的毒素出現在攸關種族生存的繁殖器官與繁殖期？虎河魴和蟲紋圓魴經觸摸或電擊刺激，皮膚會釋放出高量的河魴毒。把有毒河魴的皮膚切下，以電擊方式刺激後，從組織切片中觀察到具有分泌河魴毒能力的分泌腺體。這些實驗結果多少說明了河魴毒也有可能是由體內合成的。

外因說 至於外因說，即河魴毒是經由攝食或寄生/共生細菌的生長而蓄積在體內的說法，可用以下的研究結果加以說明。1979年在日本靜岡縣發生食用白法螺的中毒事件，並在其中腸腺檢驗出河魴毒。接著在日本的象牙貝（日本鳳螺）、蛙螺等多種的腹足類動物的中腸腺中也檢驗出河魴毒。

而在台灣，球織紋螺、花織紋螺、皺岩螺、白法螺、台灣鳳螺等螺貝

類的中腸腺中也都檢驗出河魴毒。這些實驗結果初步為外因說提供了間接的證據，認為河魴毒是吃進來的。

為了進一步證明餌料與河魴毒來源之間的關係，研究人員以含河魴毒的餌料餵食無毒的白法螺和日本鳳螺，結果這兩種螺類都檢驗出具有河魴毒，證實了來自餌料的河魴毒會蓄積在肉食性螺類中。

在河魴方面，也有人以無毒的餌料飼養無毒的養殖河魴，則其各部分都無毒性。但若以含河魴毒的餌料飼育數日，則河魴毒會蓄積在各組織器官中，其中以肝、脾和膽的毒性最高。由此可推斷，河魴之所以會保有河魴毒，食物鏈是主要的途徑之一。

另外，產毒細菌也可能是毒素的來源。日本學者在螃蟹的消化管內分離出產毒弧菌，從河魴和海星的腸管則分離出具有河魴毒生產性的腸炎弧菌。台灣的研究團隊從織紋螺、海星、蝦虎魚等含有河魴毒的生物的中腸腺，分離出有明顯產毒能力的菌種。除此之外，更有人從沿海和深海泥沙底中檢測出河魴毒，並從底泥中分離出具有河魴毒生產性的菌株，間接說明了底泥和河魴毒生產菌在含有河魴毒動物毒化機構中所扮演的角色。

綜合上面所述，就外因性理論而言，大型的含河魴毒生物，其河魴毒可能來自海星、小型卷貝、扁蟲等餌料，或直接來自有河魴毒生產能力的寄生、共生細菌。由於食物鏈具有濃縮毒性的效應，因此含有河魴毒生物的毒性應大多來自食物，而極少部分直接來自細菌。另外小型含有河魴毒的生物，其中部分可能來自底泥，另一部分則直接來自河魴毒生產細菌。

然而大自然現象的解析並不是那麼單純地可一分為二，有些物種毒素來源傾向於內生，有些則透過食物鏈，甚至兼具兩者。這其中有什麼規律或祕密存在，都值得再深入探討。

河魷毒的檢測

任曉晶、黃登福

台灣海洋大學食品科學系

河魷毒是一種神經毒，廣泛存在於水產動物中，為了水產品的食用安全，檢測樣品中是否含有河魷毒極為重要。

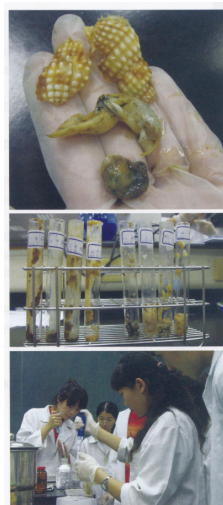
海洋生物毒廣泛存在於海洋動物中，而常造成食物中毒的主要是河魷毒、麻痺性貝毒、熱帶海魚毒、下痢性貝毒等，因此普遍受到世界各國學者專家的關注。在海洋生物毒中，以水產毒素河魷毒和麻痺性貝毒最常見。河魷毒最早發現存在於河魷中，並命名為tetrodotoxin，目前已知河魷毒廣泛存在於河魷類、蝦虎類、織紋螺類、玉螺類、榧螺類、扁蟹類、二枚貝類、海星類等水產動物中。

在國內，河魷毒常引起食物中毒而導致死亡事件，因此甚被重視。河魷毒是一種神經毒，中毒症狀是噁心、嘔吐、麻木刺痛（包括口、舌和四肢）、頭暈無力、具飄浮感、運動失調、吞嚥困難。嚴重個案甚至出現呼吸麻痺、低血壓、心跳減慢等現象，潛伏期長短受進食毒素量的影響。中毒後，若能支撐超過18~24小時，通常預後良好。為了水產品的食用安全性，檢測樣品中是否含有河魷毒極為重要，以下說明檢測河魷毒的方法。

檢測技術

小白鼠生物毒性檢定法 測量檢體的體重、體長後，即刻解剖中腸腺和可食部分。樣品加入等體積醋酸溶液並均質化後，以沸水水浴加熱10分鐘，萃取出粗毒溶液，並稀釋成不同倍數的溶液。再以腹腔注射方式把1毫升溶液打入4周齡18~20克的ICR系雄性小白鼠，觀察其中毒特徵，例如舉尾、抽筋、圈狀運動和呼吸困難，並記錄其死亡時間和稀釋倍數，以對照河魷毒生物檢定表計算毒性。

毒性單位是老鼠單位，一個老鼠單位是指30分鐘可殺死20克雄性小白鼠的毒劑量。比較粗毒溶液各稀釋濃度對死亡時間作圖的曲線與標準品河魷毒的曲線，當兩條曲



螺貝類中河魷毒的萃取

線重合或平行時，可得知粗毒溶液中可能含有河魴毒。因此把患者所吃的殘餘檢體依上述方法測其毒性，就可得知檢體中每公克具有多少老鼠單位的河魴毒毒性。

薄層色譜分析法 薄層色譜分析法是一種能把不同物質分離和鑑定化學成分的方法，它的成本較其他方法低，已廣泛應用在醫藥化學分析中。

薄層色譜分析的基本配備是展開槽、槽蓋、薄層板和溶劑。放進薄層以前，先把4啞：乙酸乙酯：醋酸：水（15：5：3：4）溶劑系統加入，並使槽密閉，以使槽內有飽和的溶劑蒸氣。離薄層底部2公分處，以鉛筆劃線，並把標準品和樣品點上去，使其浸入溶劑中。溶劑因毛細作用而被吸上去，樣品裡的各成分便以不同速率向上移，最後檢驗斑點。以氫氧化鉀噴霧後在攝氏110度下加熱5分鐘，在365 nm紫外光下可觀察到黃色（河魴毒）和藍色（脫水河魴毒）的螢光。這項方法的優點是操作所需時間短，分離後各成分可回收供定量及定性的分析，缺點是靈敏度不高。

電泳法 每一種物質組成的成分大都帶有電荷，而電泳是利用電流來移動分子，依其移動距離而判斷出分子種類的方法。醋酸纖維薄膜電泳是以醋酸纖維薄膜為擔體，以鹼性緩衝液使河魴毒略帶正電，利用電流使它與其他物質分離。另把氫氧化鉀噴灑在完成泳動的電泳片上，並加熱反應10分鐘，可呈現與薄層分析法同樣的螢光。

高效能液相層析法 高效能液相層析目前已廣泛使用於各種化學物質的純化、定性和定量分析上。層析法是利用樣品在兩相（固定相和移動相）間的極性、吸附性的不同而達到分離效果。本系統是由逆向層析管、反應液的高壓幫浦、恆溫箱、反應蛇管和螢光偵測器組成，以含有界面活性劑的磷酸緩衝液沖洗C18管柱的非極性層析管使河魴毒分離，溶出液再混合強鹼並加熱使河魴毒形成C9鹼基，便可利用吸收波長381 nm，放射波長505 nm的螢光偵測器加以測定。

氣相層析質譜法 層析過程中的流動相若是氣體，就是所謂的氣體層析法。河魴毒在強鹼下加熱形成C9鹼基後，把pH調至3~5之間，以正丁醇萃取並濃縮。加入二甲基矽烷，可在C9鹼基的氨基和氫氧官能基上形成二甲基衍生物 $C_9H_6O_2N_3(TMS)_3$ ，分子量是407。以非極性的氣相層析管柱分離後，可在質譜儀上偵測出親體407 (M^+)，主要波峰392 ($M^+ - CH$)、376 ($M^+ - C_2H$)、334 ($M^+ - SiC_3H_9$)、320 ($M^+ - NSiC_3H_9$) 及

318 ($M^+ - OSiC_3H_9$)。由破碎分子的強度和分子量可鑑定該分子的結構與種類。

液相層析質譜法 層析過程中的流動相若是液體，就是所謂的液體層析法。以液相層析質譜儀進行分析工作，不僅可以避免使用氣相層析質譜儀時必須進行的衍生化過程，同時可以針對不同極性範圍的物質進行分析。這個方法能使待測物在移動相中解離成帶電荷的離子，或與質子結合成帶電荷的離子，產生的離子經質譜儀的分析可以得知離子的質量和電荷比，針對河魴毒可精確測得分子量和質譜斷裂碎片荷質比。

紫外光吸收光譜法 紫外光吸收光譜掃描是測定分子吸收光能後，價電子因能階躍升而產生的吸收光譜。河魴毒先以氫氧化鈉水解，在攝氏100度下加熱30分鐘，可形成C9鹼基化合物，這個化合物可做為河魴毒的定性分析樣品。取少量的毒成分，加熱冷卻後用紫外光吸收光譜儀掃描，在波長274 nm處有最大吸光值。

紅外線光譜法 利用紅外線光譜儀進行化合物的分析，是非破壞性分析方法中的一種，主要以分析有機成分為主。光譜的吸收帶隨各成分特有的官能基類別和濃度呈現不同的吸光值，可據以反推化合物種類和含量，達到定性與定量的分析目的，屬於間接的測定方法。河魴毒與溴化鉀粉末混合均勻後製成錠片，在紅外線光譜上掃描波數4,000至400之間，在波數3,350、3,240、1,670、1,612及1,075處有吸收波峰，可以鑑別河魴毒的化合物基團。

核磁共振分析法 核磁共振儀是把核磁共振現象應用於分子結構的測定。對於有機分子結構的測定，核磁共振儀扮演非常重要的角色。這項技術主要是用於得到能量轉移的波峰，進而鑑別河魴毒第4碳、第6碳或第11碳上氫的立體結構異構物。

酵素免疫分析法 由於河魴毒的分子量小，容易由體內排出，不易在老鼠體內形成抗體免疫反應。必須把河魴毒衍生化成無毒性的河魴酸，再以牛血清蛋白、無脊椎動物的血氫蛋白等大分子蛋白質，對老鼠進行抗體—抗原反應以製得單株抗體。利用製得的單株抗體可發展酵素免疫分析法，先把河魴毒固定在平板底部，再加入河魴毒抗體，最後加入已標識酵素的抗老鼠抗原的抗體就可呈色觀察。它的優點是方便、快速及靈敏度高，且檢測樣品不需經多次純化步驟。

組織培養法 以老鼠神經細胞取代小白鼠，利用神經細胞死亡後懸浮於溶液上計算存活率，可用以定量測定河魴毒的濃度。另以細胞染色用的染劑染色已死亡神經細胞，在540 nm波長下計算神經細胞的存活率，可定量測定神經毒的濃度。

生物體中河魴毒的檢測，目前仍以使用小白鼠的生物毒性檢測方法最為簡便。在定性及定量的檢測上，則以高效能液相層析法和液相層析質譜法最常使用。然而保護動物的觀念越來越被重視，發展簡易的細胞毒性檢測方法和酵素免疫測定法是急需研發的項目。

麻痺性貝毒的中毒與治療

呂雅蕙¹、黃登福²

1.嘉南藥理科技大學生活應用與保健系 2.台灣海洋大學食品科學系

麻痺性貝毒對熱相當穩定，不易藉由煮、炸、烤等烹調方式加以破壞。唯有透過對水質中毒藻含量的監控，方能提供消費者安全的食用水產。

秋冬季節，蟹貝類的鮮甜肥美總是讓老饕們讚不絕口，然而在大快朵頤之際，可得注意隱藏在這些美食中的致命危險——「麻痺性貝毒」（paralytic shellfish poisons, PSP）喔！

一般來說，蟹貝類本身是不具毒性的，但是國內外因為食用蟹貝類而發生食物中毒的案例卻時有所聞，這是為什麼呢？貝類或螃蟹體內囤積的麻痺性貝毒，主要跟產毒渦鞭毛藻或細菌有很大的關聯。因為蟹貝類會經由濾食而攝入這些毒藻或細菌，或捕食已經累積毒性的食物，再經食物鏈不斷地蓄積在消化道或生殖腺內，當人們食用這些生物時，就會發生中毒的現象。

危害最大的毒素之一

民國75年在高屏地區的喜宴上，一道西施舌貝料理讓116人陸續出現不同程度的唇舌發麻發熱、四肢麻痺、頭痛、嘔吐、呼吸困難等症狀，甚至有兩人因為毒性太強而死亡。民國80年嘉義地區又發生了類似的西施舌貝中毒事件，造成26人送醫急救。

追究這兩次中毒的原因都是麻痺性貝毒，並且在養殖池中發現導致這些西施舌貝毒化的渦鞭毛藻，經鑑定是亞歷山大微藻。爾後在民國83、90及91年陸續發現由織紋螺、細紋玉螺、榧螺等多種螺貝類所引起的食物中毒事件，也與麻痺性貝毒脫不了關係。分析螺貝類各部位的毒性，發現毒素主要蓄積在吸管、鰓及中腸腺中。



屏東養殖西施舌貝發生毒化的養殖場，是毒藻大量繁殖所致，毒素是麻痺性貝毒，發生時間在12月至3月之間。

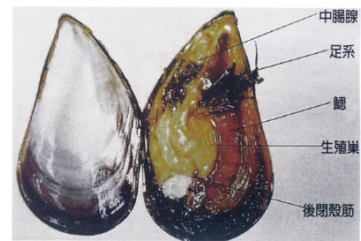


細紋玉螺（上）及白玉螺（下）

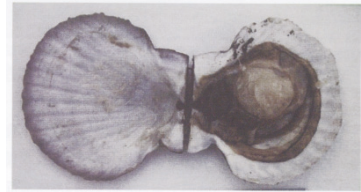
以往認為麻痺性貝毒只會毒化緯度較高的冷水域如歐美地區的水產魚貝類，但近年來在熱帶地區如中南美洲、亞洲及太平洋沿岸地區的水域，這類的中毒事件急速增加。因此在所有水產品中毒事件中，麻痺性貝毒是目前世界上分布最廣，危害最大的一類毒素，引起中毒的水產品主要是淡菜、扇貝、奶油蚌、牡蠣等。

根據歐盟的統計，1983~1992年在歐洲地區共發生了8起因麻痺性貝毒引起的食物中毒事件。美國1978至1987年則發生了13件麻痺性貝毒中毒事件，共造成137人中毒，其中以阿拉斯加州與麻塞諸塞州較為嚴重，而2002年在佛羅里達州也造成了13人中毒。加拿大在1991~1997年，也發生了6起共21人的麻痺性貝毒中毒事件。

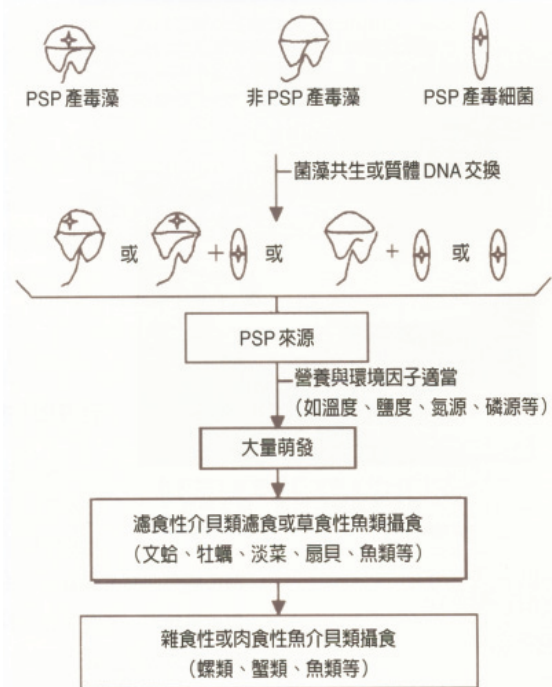
中南美洲的智利自1972年起共有387件中毒事件，造成26人死亡。在瓜地馬拉也有因食用蛤湯造成187人中毒，26人死亡的案例。在亞太地區，1994年以前的統計顯示，食用貝類中毒事件達三千多次，其中死亡案例共148人。日本在1987~1996年間因食用含神經毒素的魚貝類所引起的中毒共334件，造成649人中毒。至於大陸地區，在1986~2003年間福建、浙江等地也先後發生216人麻痺性貝毒中毒，4人死亡的事件。可以說幾乎全球沿海地帶，都曾發生過麻痺性貝毒中毒死亡的事件。



紫貽貝



海扇貝



麻痺性貝毒的水產生物中的可能蓄積模式 目前推測麻痺性貝毒 (PSP) 是由渦鞭毛藻產生的，而藻毒的來源可能是經毒素細菌毒化或藻細胞自體合成。這些含毒的浮游生物在適當的環境及營養條件下會大量萌發生長，這時水域中的二枚貝與草食性魚類會經由攝食把麻痺性貝毒蓄積在體內，再經食物鏈傳遞使其他生物蓄毒。

致毒的機轉

麻痺性貝毒是一群構造相似，在酸性條件下安定的小分子水溶性神經毒素的總稱，目前已知至少有24種形式。其中較為世人熟知的是巨蚌毒素，歐美地區的麻痺性貝毒事件多是由這型毒素引起的。而台灣及日本地區的麻痺性貝毒，則多由另一群膝溝毒素所引起。毒量的單位以老鼠單位表示，一個老鼠單位是指使一隻20克的老鼠在15分鐘死亡的毒劑量。對人類而言，約3千個老鼠單位就足以中毒死亡，致死劑量相當於0.5~12.5毫克的毒素。

麻痺性貝毒如何造成人類中毒呢？這就得先由人類的神經通道說起。我們的神經細胞膜內分別有鈉離子與鉀離子通道，當神經暫時停止活動時，鈉離子通道關閉而鉀離子通道開放，這時因膜內外鉀離子的濃度差所造成的電壓稱為鉀電位。當神經受刺激活動時，鈉離子通道即刻開放，使鈉離子大量湧入膜內，導致原本的鉀電位轉變為鈉電位，並沿著神經膜表面逐次連續且迅速地傳遞，這就是神經訊息的傳導方式。

這些麻痺性貝毒的作用便是阻斷神經與肌肉細胞間的鈉離子通道，使鈉離子無法進入神經與細胞膜內形成鈉電位，干擾神經傳導作用，進而麻痺神經與肌肉。至於貝類本身為什麼不會受到麻痺性貝毒的毒害呢？由於不同生物物種對麻痺性貝毒的耐受性有極大的差異，因此有學者推論一些貝類的神經傳導主要是利用鈣離子通道，使得所受的影響較小。但是毒量若是蓄積太高，貝類也會出現一些如開口、活動遲緩、黏液增加、斧足伸出、死亡等症狀。

治療與防治

麻痺性貝毒對熱相當穩定，不易藉由煮、炸、烤等烹調方式加以破壞。若不幸誤食含有這種毒素的食物，約15分鐘後口舌會先出現灼熱與麻木刺痛感，隨後蔓延至臉、頸、手臂及腳指，30分鐘後腕頸四肢末端麻痺，出現吞嚥困難、語言障礙等腦部官能障礙，以及全身肌肉感覺無力、運動失調並有飄浮感等神經傳導障礙症狀，最後導致無力呼吸而引起心肺衰竭及缺氧致死。

除了上述典型症狀外，麻痺性貝毒中毒也會出現腹痛、噁心嘔吐、腹瀉等不同程度的腸胃道不適，以及喉嚨或胸部悶痛、流涎、頭痛、全身倦

怠、嗜睡，甚至會有暫時性失明的現象，不過在毒性發作過程中通常不會有意識不清及低血壓發生。中毒後的一、兩個小時是急救的黃金時期，這時毒性發作最快，必須立即就醫。若救助得宜，這些症狀一般可在12小時後逐漸自行恢復。由於麻痺性貝毒並不會造成中樞神經的損害，痊癒後大多不會有後遺症。

麻痺性貝毒中毒的死亡率約為8~10%，幼童對麻痺性貝毒的感受性較成人高。目前並沒有特效解藥，治療上主要是根據其症狀給予對症治療。在攝食後4小時內，可利用活性碳吸附毒素，或以鹼性的重碳酸鈉溶液利用毒素不穩定的特性來進行洗胃或灌腸。

另外麻痺性貝毒所造成最大的危險是會發生呼吸麻痺，因此應同時給予支持療法，在呼吸器及呼吸劑的幫助下維持呼吸道的暢通。一旦出現呼吸困難或衰竭，必須及時採取氣管插管或氣管切開術進行人工呼吸，以降低死亡率。醫院也會視中毒程度施行靜脈輸液、尿液鹼化、血液透析等治療，以稀釋體內血液中麻痺性貝毒的濃度。

目前醫院治療這類中毒所使用的藥物包括治療肌肉無力的藥物，如新斯狄格明與氯化騰西隆，或中樞神經刺激劑，如苯甲胺、類固醇、阿托品等，用以改善循環系統，興奮神經中樞、下丘腦、延髓，及改善運動和言語機能。此外，現階段已開發出巨蚌毒素抗血清，可以利用靜脈注射方式中和巨蚌毒素，治療其所引起的中毒症狀，但對膝溝毒素及其他的麻痺性貝毒毒素則不一定有效。

需靠政府嚴格把關

水產品是否含有毒素，除了以生化分析檢測外，並無法藉由外觀、氣味或其他方法得知。在麻痺性貝毒防制方面，根據調查，在每年冬季約12月到3月期間，寒流過後台灣南部養殖池容易有紅潮發生。為確保養殖貝類的食用安全，目前由農委會水產試驗所負責水產養殖業毒藻的監控，一旦發現毒藻數量超過管制界限就禁止採收，因此養殖貝類的麻痺性貝毒中毒事件已不再發生。

歐美各國的防制同樣也採定期監測危險水域中毒藻密度的措施，當藻密度過高或貝類的毒含量超過標準時，就禁止捕撈甚至關閉水域。此外，也在產貝海灘設置警戒標誌，以傳播媒體警告大眾及遊客，這樣的警告須

持續至貝類毒量降至標準以下為止。為了防止食用貝類而引起的中毒事件，美國、加拿大、澳大利亞及大多數歐洲國家，把麻痺性貝毒食用標準的安全濃度定為每100克水產品中毒素含量不得高於80微克。日本、韓國和香港把這個標準定得更低，是30 $\mu\text{g}/100\text{g}$ 。

麻痺性貝毒的分布及來源

黃秋菊、黃登福

台灣海洋大學食品科學系

海洋中的初級生產者如貝類生物，若濾食有毒藻類而蓄積毒素於體內，並經由食物鏈進入人體，就會引發呼吸及循環系統的麻痺性中毒現象。

長期的水污染造成水域營養高，因而產生單一或少數藻類大量繁殖的現象，稱為藻華。藻華問題一直困擾著人類，除了會直接影響水中生態環境外，部分毒藻產生的有毒代謝物也會傳遞至其他生物，使得水中生物含有毒素，造成公共安全衛生上的一大隱憂。毒藻藻華衍生出的麻痺性貝毒問題，更廣泛影響到海洋生態的各個層面，這種藻類遍布於全世界各沿海水域，因此有必要深入了解。

麻痺性貝毒

麻痺性貝毒（paralytic shellfish poisons, PSP）中毒，是指民眾誤食含有巨蚌毒素或其他相關毒素的海洋生物而引起的食物中毒。麻痺性貝毒是極猛烈的神經毒素，與河魴毒的毒性相似，雖然它的毒性不如肉毒桿菌的細菌毒素和腔腸動物莨菪所產生的莨菪毒強，但與低分子量的毒素相比，僅次於南美洲的青蛙毒，毒性相當於氰化鈉的1千倍以上。

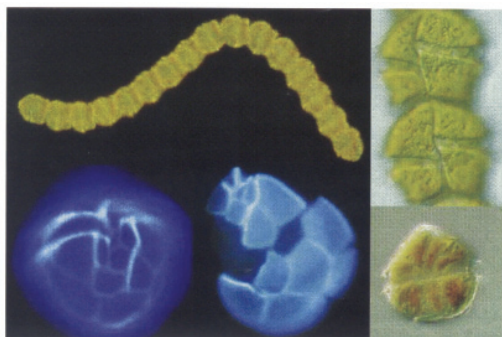
麻痺性貝毒中的巨蚌毒素是最早被確定化學結構的毒素，在西元1957年從阿拉斯加巨型奶油蚌中分離純化而得到第1個含有雙胍基的生物鹼，稱為巨蚌毒素。之後陸續從相關的藻類跟有毒的貝類中分離出結構類似的膝溝毒素等一系列毒素，約有二十餘種衍生物。

麻痺性貝毒的分布

毒藻所引起的貝類食物中毒事件頻繁，分布於全球各地。如日本的長崎、三重及岩手，美國的阿拉斯加、華盛頓及麻塞諸塞，加拿大，紐西蘭的布蘭堤灣，澳洲的瑞納港，法國的莫內港，智利和台灣，都發生過因麻痺性貝毒而引起的中毒案件。

以生物種類來說，日本的牡蠣，日本、西班牙、美國及南韓的貽貝，

美國的巨蚌，台灣的西施舌貝，日本的文蛤，琉球及帛琉的夜光貝，以及日本的海扇貝等，都含有麻痺性貝毒。此外，在台灣的海星，琉球、菲律賓、澳洲及台灣有毒的扇蟹類，台灣的玉螺類和織紋螺類，以及日本、泰國和孟加拉的河魴中，也都曾檢測出含有這類毒素。麻痺性貝毒主要是由巨蚌毒素、新巨蚌毒素、膝溝毒素、胺基碳酸鹽基型毒素等組成，其比毒性隨銜接的官能基不同而有差異。



有毒藻類以渦鞭毛藻占大宗，二十多種的渦鞭毛藻中就有12種含有麻痺性貝毒，也因為毒藻種類眾多且分布水域十分廣泛，因此常有中毒事件發生。

台灣發生麻痺性貝毒食物中毒事件，是在民國75年1、2月間，高屏地區陸續發現有嘔吐、手腳麻痺、呼吸困難的食物中毒患者，其中2名患者住院不久後即死亡。經過衛生單位調查，發現相同病例出現於2個喜宴、1個餐廳和6個家庭內，患者共116人。所有中毒病例都曾食用自屏東縣東港地區同一養殖池生產的西施舌貝，且從這個養殖池和患者食餘的西施舌貝內，都檢測出麻痺性貝毒。其後在附近的養殖池中也分離出含有毒性的渦鞭毛藻—亞歷山大微藻，經過進一步的分離、培養及毒性分析，證實這種渦鞭毛藻含有麻痺性貝毒。

中毒症狀

常見的二枚貝有文蛤、牡蠣、西施舌貝、菲律賓簾蛤、孔雀蛤、波紋橫簾蛤、竹蛭等，種類繁多分布極廣，由於豐富的口感而深受一般民眾喜愛。藻類是海洋生物中初級生產者的食物來源，濾食性貝類（如西施舌貝、牡蠣、文蛤、淡菜、海瓜子等）以藻類為主食。當有毒渦鞭毛藻大量增生而造成紅潮時，二枚貝濾食這些有毒渦鞭毛藻，毒素不會排出體外而蓄積在體內，民眾攝食被毒化的二枚貝後就會引起神經性食物中毒。

在自然界中，藻類毒素往往會藉由食物鏈的傳遞進入甲殼動物、節肢動物、軟體動物、魚類、哺乳類等海洋生物體內。一般而言，無脊椎動物對毒素的耐受性比較高，且經常把毒素蓄積在體內。脊椎動物則易受其毒害，毒素在哺乳類動物的呼吸及循環系統的神經細胞上作用十分強烈，在

少許劑量的影響下就能導致死亡，因此人類常因誤食蓄毒貝類而中毒。

麻痺性貝毒中毒的潛伏期約半小時，持續時間可達半天至1天。主要症狀與河魴毒素十分類似，最先會在嘴唇四周有麻木及無力的感覺，之後漸進性地蔓延到顏面及頸部，且手指跟腳趾會有如針刺般的疼痛感，有頭痛、眩暈、運動失調、身體飄浮感、吞嚥困難、言語困難、暫時性失明等神經性症狀，並有噁心、嘔吐等現象。但與河魴毒不同的是，麻痺性貝毒不會產生血壓降低的現象。

中毒深者可能會導致肌肉麻痺、呼吸困難及呼吸衰竭，嚴重的可能在攝食後2~24小時內因呼吸衰竭而死亡，一般處理方式是洗胃並施以人工呼吸。中毒後經24小時仍存活且無併發症的，通常預後良好且無後遺症，對於中毒者主要是以呼吸照顧及其他支持性治療為主。

台灣沿海的蓄毒生物

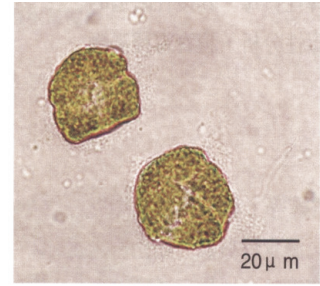
在台灣海洋生物中，麻痺性貝毒多蓄積在沿岸活動的生物中，這類生物有：

二枚貝 麻痺性貝毒引起的食物中毒案件，最早發生在美國與加拿大的太平洋和大西洋沿岸，引發食物中毒的物種是貽貝和奶油蚌。之後，1975年日本三重縣尾鷲灣發現由渦鞭毛藻聯營亞歷山大藻引發的紅潮，隨後全國的貝類幾乎都受到毒化。如日本仙崎灣曾發生食用牡蠣而導致16人中毒，岩手縣大船渡灣所採集的海扇貝，也分析出含有高量的麻痺性貝毒。

截至目前為止，曾報導受到麻痺性貝毒毒化的二枚貝種類及地域，包括日本京都及山口縣的牡蠣，日本北海道、美國阿拉斯加、西班牙及南韓



日本株有毒藻類 *Gymnodinium catenatum* 屬裸甲藻，直徑約23~36 μm ，當環境及營養條件良好時，藻細胞會以成串狀態存在於水體中，以4、8、16、32（最多達64個）相連成鏈狀，且當藻細胞成串時細胞較小。



當環境或營養條件不適時，日本株有毒藻類 *Gymnodinium catenatum* 會由原鏈狀相連的藻細胞，斷裂成以單一細胞存在於水體中，與成串細胞相比，其直徑較大，約27~40 μm 。

的貽貝，美國阿拉斯加的巨蚌，台灣的西施舌貝，日本愛知縣的文蛤，琉球和帛琉的夜光貝，日本岩手縣的海扇貝等。

海星 屏東縣出產的海星在秋冬季時產量較多，毒性也較強，而毒成分中約有88%的河魴毒，另含有12%的巨蚌毒素及膝溝毒素。

蟹類 國外學者曾經調查琉球、菲律賓及南太平洋群島海域的有毒蟹類，獲知扇蟹類中的銅鑄熟若蟹、花紋愛潔蟹、顆粒扁足蟹等種類具毒性，同時指出琉球的銅鑄熟若蟹的毒成分是麻痺性貝毒的巨蚌毒素，澳洲的銅鑄熟若蟹含有巨蚌毒素、新巨蚌毒素、膝溝毒素，菲律賓的蟹類則含巨蚌毒素、新巨蚌毒素、少量的膝溝毒素及微量河魴毒。另有學者指出台灣的銅鑄熟若蟹、花紋愛潔蟹、蕾近愛潔蟹、雷諾氏鱗斑蟹等，都含有麻痺性貝毒和河魴毒，但毒性都較國外的物種低。

螺類 在1994年1~3月間，由西班牙輸入日本的九孔，檢測出含有麻痺性貝毒。與二枚貝遭受毒化時毒素主要存在於中腸腺的情形不同，九孔的肌肉部分毒性很高，尤其外膜的毒性最高。

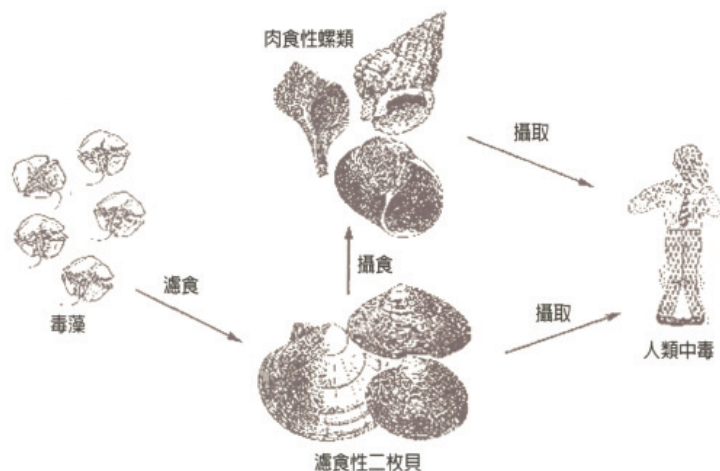
進一步由九孔消化道取得的海藻，發現上面附著外肛動物的軟體動物殼。這種軟體動物是屬於濾食浮游藻類的生物，並且從西班牙的九孔養殖池檢測到渦鞭毛藻，因此推測這批遭毒化的西班牙九孔，可能是因為軟體動物吃了有毒的渦鞭毛藻，而九孔再攝食附著於遭毒化的軟體動物上的海藻所導致。台灣的織紋螺和細紋玉螺也都檢測出含有大量的河魴毒，以及少量的麻痺性貝毒。

河魴 學者最早發現河魴的肝臟中除了含有大量的河魴毒外，還有少量的麻痺性貝毒。1997年也發現泰國的淡水河魴的主要毒成分是巨蚌毒素而不是河魴毒，孟加拉的淡水河魴的毒成分也檢測出含有巨蚌毒素、膝溝毒素等。

麻痺性貝毒的來源

麻痺性貝毒常存在於民眾食用的海鮮物種中，至於食用後是否出現中毒現象，則視蓄積於生物體中毒素劑量的高低而定。目前研究的結果發現麻痺性貝毒產生的原因，主要來自有毒的渦鞭毛藻及細菌，經過各級生物的攝食與蓄積，再透過食物鏈的轉換，最後對人類造成毒害。現存的海洋藻類約有1萬9,000~2萬5,000種，其中3百種會引起藻華現象，當中又有

二、三十種證實含有毒性成分，渦鞭毛藻占了最大宗，這些藻類大多在大量增生時才會對水域造成危害。



有毒渦鞭毛藻類由食物鏈的傳遞進入甲殼動物、節肢動物、軟體動物、魚類與哺乳動物中，藻類毒素對哺乳類動物的呼吸及循環系統神經細胞作用十分強烈，在少許劑量下就能導致死亡，因此人類常因誤食蓄毒貝類而造成食物中毒的案例。

為了有效防範麻痺性貝毒事件的發生，近海漁業發達的國家除了嚴密監測貝類產區的藻相與環境外，對水產品的毒性監測也不遺餘力，以做為防範麻痺性貝毒事件發生的預警措施。