

第 16 章 為實施綜合土砂管理而進行的調查

目 次

第 1 節 總說	1
1.1 目的與定位	1
1.2 基本方針	2
第 2 節 調查的基本架構	3
2.1 基本項目	3
2.2 共同調查的框架	4
2.2.1 掌握土砂動態的方法	4
2.2.2 調查所能掌握的事項	7
2.2.3 調查的實施	9
2.2.4 調查結果的綜合整理	9
2.3 代表性的調查項目	14
2.3.1 定位	14
2.3.2 以調查堆積在設施等的土砂而掌握粒徑集團別土砂移動量的時間積分值 （一定期間的總和）	15
2.3.3 地形變化與變化部分等的粒徑分布	16
2.3.4 流砂系相關土砂的存在狀況	16
2.3.5 從流砂系的搬出量、搬入量及其粒徑分布	17
2.3.6 重要地點粒徑集團別土砂移動量的時間變化	17
2.3.7 流砂系的長期變遷	20
2.3.8 土砂長期時間經過的推測	20
第 3 節 調查結果的累積・分享	20

2014 年 4 月

第 16 章 綜合土砂管理之調查

第 1 節 總說

1.1 目的與定位

<想 法>

土砂相關課題會在山區、平原、河口・海岸等不同區域，以各式各樣的形態出現。

在山區，主要是荒山所流出土砂導致溪流河道部分出現異常堆積或局部侵蝕、土石流、山腹崩塌、地滑導致災害、水庫淤砂造成機能降低等。平原則是河床下降（包含與構造物受災具有明顯關係的水路下降）以及河床岩盤裸露等。河口部分則是河口砂洲縮小、往上游後退之變化。海岸部分則容易出現海岸侵蝕與海岸線後退等問題。海岸侵蝕與海岸線後退在某些情況下，也可能攸關國土保全。礫石河床縮小與樹林化等河川環境形成系統的變調，也可能與土砂動態變化有關。

造成上述問題的現象，即使程度有大小差異，但大多已超過該當區域範圍，而出現大面積規模，因此只進行個別區域應對處理，無法徹底解決問題，這部分須提早預測、納入考量。

實務上經常在個別區域持續實施對症療法之類的措施，為了阻止問題嚴重化，耗費太大人力物力，或者投入大量人力於河川與海岸維護管理，各式各樣的成本大增，成為嚴重負擔。

因為有此狀況，若要綜合解決土砂相關課題，應建立從流域源頭到海岸一貫的土砂運動場也就是「流砂系」概念，掌握個別區域特性，透過防止土砂移動釀成災害、適當地實施河川等的整備與管理、保護河川與海岸環境的生態與景觀、適當地活化利用河川與海岸，並以實現活力充沛多元社會為目標，建立應實施綜合土砂管理的共識。

在此，所謂「綜合土砂管理」指，係指上述土砂移動相關課題，若無法只靠砂防・水壩・河川・海岸環境個別領域問題對策妥善解決，就不應侷限於各領域個別對策，而須視整個流砂系為一體，提出抑制土砂生產、調節流出所需對策，徹底解決問題（參照計畫篇 基本計畫篇 第一章 基本方針 第四節 綜合土砂管理）。

實施綜合土砂管理，可擺脫依賴對症療法，根本地解決、改善問題，從長遠角度看，也能降低整體成本，實現海岸與河川等之永續經營管理，打造能整合治水與環境等目標的架構。

本章乃說明依上述認知具體實施綜合土砂管理所需調查的基本事項，從必要的角度掌握該當流砂系整體狀況，大局著眼地了解課題內容及造成原因，然後掌握解決課題方向，並依據上述結果，具體仔細地檢討土砂管理內容並進行活用。

此外，土砂相關個別調查方法，參照第 4 章 河道特性調查、第 6 章 河床變動、河床質變化及土砂輸送分析、第 11 章 河床環境調查、第 17 章 砂防調查、第 21 章 海岸調查。本章目標在於希望針對上述內容進行必要的活用，重點則放在從橫切式觀點實施調查的方法，指出調查所需具備的基本內容。

本章的「山區」指包含溪流區間、山地河道區間（參照第 4 章 河道特性調查 2.1.2 所述河道類型區分時的類型區分）在內的整體山地流域。另外，第 17 章 砂防調查主要對象是砂防基本計畫擬定對象的砂防區域，本章所調查的山區部分，應涵蓋這部分。

亦即，為了實施綜合土砂管理而進行調查，山區部分則擁有土砂生產旺盛因而荒廢的流域，因此，除了須實施防砂的區域之外，其餘的流域也可列入調查對象。

另外，[第 17 章](#) 砂防調查的內容雖以砂防區域為直接對象，但也有檢討綜合土砂管理的目的，因此多半可用來掌握一般性山區土砂動態。

<相關通知等>

- 1) [河川砂防技術基準計画編](#)，平成 16 年 3 月 30 日，国河情第 13 号，国土交通省河川局長通達，基本計画編 第 1 章 基本方針 第 4 節 総合的な土砂管理 p.3.

<參考資料>

日本一級河川相關流砂系及其現況，一級山區荒廢範圍的分布、流域內水壩（總蓄水量 100 萬 m^3 以上）之合計淤砂量、河床變動狀況、往河道外土砂搬出總量、海岸灘線後退狀況，可參考下列資料所登載之「流砂系現況地圖」。

- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：[ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方](#)，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，pp.3-14－3-15，2009.

針對日本土砂管理所需的基本課題認識，以及須實施綜合土砂管理的原因、流砂系的定義，乃至於以流砂系為技術基軸而實施綜合土砂管理的意義詳細說明，請參考下列資料。

- 2) 21 世紀の社会を展望した今後の河川整備の基本的方向について，平成 8 年 6 月，建設省河川審議会計画部会答申.
- 3) 流砂系の総合的な土砂管理に向けて，平成 10 年 7 月，建設省河川審議会総合土砂管理小委員会報告.

1.2 基本方針

<想 法>

實施綜合土砂管理調查須了解所具備之基本特性，並滿足以下 3 項要件。

1) 掌握流砂系之整體狀況

可取得綜合土砂管理基礎資訊的各種調查（包含現地調查、觀測、監控、數據整理、模型化・分析、依據上述成果實施分析），對於全面整合、了解流砂系的整體狀況而言，非常重要。

流砂系通常範圍很廣，而且由不同性質的領域構成，因此若只單純採用累積個別領域所了解現象及相關技術檢討，然後把流域～沿岸區域各領域所使用的不同說明與論述湊在一起，未必能建立、掌握清楚的整體的圖像。比如，一個流砂系的上游區域，主要調查對象是大粒徑土砂；包含海岸區在內的下游區域，主要調查對象則是小粒徑土砂，但若要針對各對象領域實施鎮合理化與最適化的調查，可能會出現單是粒徑部分，彼此關連性很小的調查體系卻同時出現在每個領域的狀況。如此一來，要掌握不同領域的檢討內容，將無法達到目的，而須建立可觀測整個流砂系、掌握土砂動態共同特徵並與不同單位分享說明與解釋方法。因此之故，本章在[第 2 節](#) 調查的基本架構，特別是[2.2](#) 共同調查的框架之中，說明了這部分應注意的事項。

作為掌握上述流砂系土砂動態全貌的大前提，接下來不只概括說明土砂，還需進一步鎖定量與質（粒徑）的內涵。

2) 釐清造成問題的相關機制，以及其與流砂系的關連

擬定達成綜合土砂管理目標之對策時，須有根本解決該課題（或防範問題出現）的目的意識。實施綜合土砂管理，不能只選出並羅列各別課題，而須理解或預測與課題有關的因果關係整體概念，也就是形成課題之機制，其中甚至會包含與流砂系無直接關連的事物。明確指出在該機制下，整個流砂系彼此之間有怎樣的關連，就能找出有效調控流砂系、解決問題之方法。

3) 適度地將用來檢討解決課題的核心技術，運用於土砂管理之檢討

具體釐清解決課題所應實施對策的方向性後，若要進入檢討達成目標方法之階段，須納入對策方法核心技術的檢討，此時重點在深入進行下列項目的評估與討論。

- ・透過綜合土砂管理，找出可用來整理課題解決方法的必要核心技術。
- ・評估檢討時將現有核心技術應用於現場的可行性。
- ・展望新核心技術之開發。

在此所謂核心技術，包括水壩的排砂技術、以土砂管理增加或減少土砂輸送量對河川環境影響的評估方法、調控土砂動態的構造物功能評估法等，配合該當流砂系的綜合土砂管理內容，非常多樣化技術。

上述 3 種要件彼此相互關連，因須掌握對象流砂系狀況，整合地擬定滿足 3 要件的調查計畫，並予以實施。此時應注意 3 者之間應取得適當的平衡。1)部分雖掌握對象流砂系全貌很重要，但掌握流砂系耗費勞力與時間太大，並非上策，因此多半從 2)「取得可創造課題的架構」之角度，追求重點化與簡略化。也就是沒有必要因為要實施綜合土砂管理，就得釐清象流砂系相關全部狀況。此外，即便只片面推動 2)，到達一定程度階段若未提出 3)所介紹的解決課題方法，就很難徹底完成土砂管理措施。

第 2 節 調查的基本架構

2.1 基本項目

<想 法>

通常流砂系本身和由其所產生的課題，非常多樣化且強烈獨特性，因此從擬定本節 1.2 所述、可有效應對處理 2)要件亦即課題的調查計畫的角度來看，事先整齊劃一地設定調查內容，未必是上策。

另一方面，為了實施綜合土砂管理而掌握流砂系全貌、用來當作掌握課題的基礎而檢討解決課題技術方案之際，應建立大多數狀況都可應用的調查架構，其中的檢查基本項目包括：

- 1) 共同的調查：從活用綜合土砂管理的角度，實態能掌握必要層級流砂系樣貌與課題綱要，確認為解決課題方向性的調查。
- 2) 各流砂系的個別調查：以 1)釐清該流砂系原有特性、課題與解決課題方向，具體或詳細檢討土砂管理內容的調查。

本節有關其中 1)的方法，說明如下。此外，2)的調查內容與成果，重點在於搭配 1)之內容與成果，有系統地蒐集、累積案例，當作可利用之知識見解非常重要（請參照本章 第 3 節 調查結果之累積・共有化）。

此外，這裡所謂調查，包含現地調查、觀測、現有資料・調查結果等的整理、土砂動態等相關模式化與分析、運用這些結果所實施的各種分析。

2.2 共同調查的架構

2.2.1 掌握土砂動態的方法

<想 法>

綜觀對象流砂系整體狀況，可確認土砂管理之際所應考慮的所有土砂粒徑範圍。須了解，粒徑大幅改變，該粒徑範圍內的土砂動態，粒徑大幅改變，基本特性也會明顯不同，因此最好以一定以上的時間尺度，盡可能用掌握大範圍問題的觀點，如 1.2 所述地「掌握對象流砂系整體狀況」，如此便能完成該調查計畫的想法架構。

<參考資料>

溪流・山地河道區間與沖積河道區間之間會產生土砂動態特性差異的原因及其詳細特徵，請參考下列資料。

- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：[ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方](#)，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 2 章 7 節，2009.

<案 例>

溪流區間與山地河道區間（參照第 4 章 河道特性調查 2.1.2 河道的類型區分）多半位於山區，且呈現土砂動態與沖積河道區間明顯不同的下列特性。

- 1) 河床質（材料 m；參照第 4 章 河道特性調查 2.4.1 河道構成材料的大致分類）粒徑分布幅度較大（比如從砂到礫石），粒徑分布的空間面參差不齊也很明顯。
- 2) 未固結堆積層厚度有限，且時間與空間方面可能有很大的變化。未固結堆積層薄且河底容易裸露岩石的地點，有些平常河底就是岩石。對應於以上特徵，就會發現岩盤側蝕、下切、沖刷的制約地點。
- 3) 洪水所導致外營力作用的幅度相當大。在溪流區間與山地河道區間，河寬多半由山腳所決定，流量增加，營力也持續增加。因此，營力作用並沒有像沖積河道區間的河道滿槽流量那樣的明顯上限，而會出現頻率非常小，但很大的外力。

- 4) 和沖積河道區間相比，通常坡度較陡且超臨界流頻現、水深粒徑較小。對應於這種特性的向丘等小規模河床波，有時會在河床形態形成上，成為最重要的支配性因素。
- 5) 土砂供給源多樣化。亦即，不只從該河道區間上流，來自支溪流的供給也容易產生影響力，甚至能直接由山腹供給。
- 6) 土砂供給容易出現時間與空間不均勻現象（比如，豪雨導致局部地區出現突發性大規模土砂生產）。此外，距離土砂供給場較近的地點，河道更容易受這種不均勻性影響。
- 7) 相對於沖積河道區間大致穩定，河床質的輸送量（Bed-material load：源自河床的土砂輸送量）與洪水時流量之關係，呈劇烈變動狀況。比如，可作為河床質的土砂供給，在相對於流量而言、呈現枯竭狀況而使河床下降，最後會變成只剩下岩石與殘存巨礫，即使流量增加也幾乎無法輸送河床質的狀態，到可作為河床質之土砂供給過剩而形成劇烈河床上升（未固結堆積層厚度增加）、隨流量增加而出現大量河床質輸送的狀態為止，可能出現的狀況變化幅度很大。
- 8) 時會因為水系與河道區間及不同時期的關係，出現即使河水高漲河床質也幾乎不移動的狀況。
- 9) 河床質輸送過程中，礫石破碎與磨損會帶給河床質與土砂平衡等什麼影響，或許有必要加以檢討。

如上所述，山區土砂動態主要特徵包括空間與時間不均勻狀況很大，因此，如 第 17 章 砂防調查該體系所呈現的，若要掌握這種特性所伴隨出現的土砂動態高變動性（從砂防的角度看，這是非常重要的調查目的之一），基本上就應進行詳細時間、空間尺度的觀測與分析。

另一方面，「綜合土砂管理之調查」之中掌握山區土砂動態的部分，應事先了解掌握供給沖積河道區間土砂之目的，適當地設定調查內容。這部分重點在於掌握山區土砂動態所擁有的空間與時間不均勻性，在來到和沖積河道區間連接點途中，會怎樣地逐漸被平均化。

<案 例>

當來到沖積河道區間時，上述土砂動態的時間、空間不均勻性就會變成均勻，土砂開始呈不同的分級。

在此情況下，就有如下可處理沖積河道區間為主、大區域土砂動態的技術框架，有下列幾點。

- 1) 重點在於，實施流砂系大致土砂動態分析，應注意定義為「呈現相同舉動，不同則會輸送、和主河床質（床值 m ）交換、影響河川地形方法差異很大、擁有特定粒徑範圍的土砂」之「粒徑集團」。然後，每個「粒徑集團」，都應在適當時間與空間尺度之下，透過掌握土砂運移量與土砂平衡等，進行分析。這裡「土砂運移量」，指土砂輸送路線上的任意一點，在單位時間或一定期間內所通過之土砂量。

2)「粒徑集團」的區分，應廣泛觀察對象流砂系，毫無遺漏地指出整個流砂系應處理的粒徑集團，首先依據「細粒土砂（坩土・黏土：有時也包括微細砂）、砂（從微細砂到極粗砂為止，得將微細砂除外）、礫石（細礫或從小礫至巨礫）」的區分實施，並且依需要進行必要的修正。

但在選定最後調查對象的粒徑集團時，也須注意與流砂系相關課題關係深淺程度，並注意「有效粒徑集團」及動態掌握困難度，必要時應提高調查效率，實施合理化的調查。在此所謂「有效粒徑集團」，指粒徑集團之中，該動態幾乎排他性地支配與土砂管理課題相關特定河道變化與現象者。若出現課題的現象很明確，且相關有效粒徑集團很清楚，就可考慮將調查對象鎖定在有效粒徑集團上面。

黏土、坩土、微細砂~極粗砂、細礫或小礫~巨礫等粒徑分類名稱，參照第 4 章 河道特性調查 2.2 河道構成材料的粒徑分類與名稱。

3)表現各粒徑集團動態時，應同時判別該河段輸送是屬「混合型」還是「通過型」（河段區分請參照第 4 章 河道特性調查 2.1.3 沖積河道的河段區分與河段類型）。這裡所謂的「混合型」與「通過型」，定義如下。

【混合型】關注的粒徑集團與主河床質會明顯的混合並向下輸送。此有助於河床變動，且其本身的輸送量也會明顯的呈現縱向的變動。相當於水理學分類中的推移質或懸浮質，以每次洪水時間尺度所見的土砂來源進行分類，則相當於 Bed material load。

【通過型】關注的粒徑集團不會和該地點的主河床質（材料m）進行明顯的混合（頂多填滿其縫隙）。對河床變動幾乎不會有影響，本身的輸送量縱向變化小。不同河道條件下，部分會成為河畔堆積物（材料s），其量通常小於該粒徑集團的土砂移動量。因此，該河段對於該粒徑集團而言，乃是通過區間。就土砂水理學分類而言，多數是懸浮質，但小型河水暴漲或平常水位，有時也會在材料m上方，以推移質型態被搬送下來。根據一次河水暴漲時間尺度所見土砂來源進行分類，則大多數情況相當於沖瀉載（質）。

<參考資料>

粒徑集團、混合型／通過型的詳細內容，可參考下列資料。

- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第 2 章，2009.

<案 例>

相對於河川「流砂」，海岸的土砂移動稱為「漂砂」。漂砂指砂礫海岸上波浪與水流作用所造成底質移動現象，或指移動的底質本身。

此外，漂砂大致區分為往沿岸方向移動（沿岸漂砂），以及往外海方向移動（離岸漂砂）兩種。

海岸土砂動態可利用漂砂系單位進行分析。所謂漂砂系，指沿岸連續出現漂砂的區間、從外海砂丘陸端一直到海底漂砂移動界線水深為止範圍所分布的土砂岩石種類或礦物構成類似之空間領域（圖 16-2-1）。漂砂系，有的和來自河川的土砂供給關係不大，本章則依據綜合土砂管理宗旨，以透過河川供給土砂而和河川有所連結的漂砂系，為探討對象。掌握漂砂系的土砂平衡，須注意以下幾點。

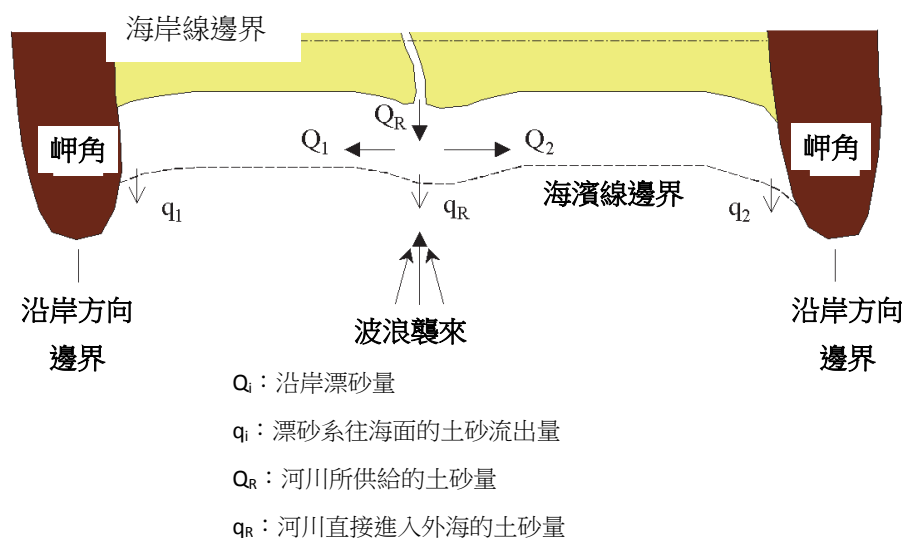


圖 16-2-1 漂砂系的概念

- 1) 應注意，漂砂系乃是與山區、沖積河道區間之土砂運動領域，共同成為流砂系的一部分，並透過河川所供給土砂，和河川形成連結。從河川到達河口的各粒徑集團動態，和漂砂系相互銜接。

但河口所供給所有粒徑集團，未必都會被納入漂砂系。砂礫海岸因為波浪作用，所供給的細粒土砂大多脫離漂砂系而流到外海，砂與礫石集團變成主要是由漂砂系所構成的土砂。此時，砂與礫在漂砂系內有不同的分級性質。因此，利用深淺測量成果之分析以及海灘變形模式所推測的河川供給土砂量，變成單純指能停留在漂砂系狀態的粒徑集團。然後，若要檢討與此對應的河川土砂供給量，基本準備工作是確認河川粒徑集團之中，那些會成為漂砂系，然後就可應用 [第4章](#) 河道特性調查與 [第6章](#) 河道變動、河床質變化與土砂輸送分析 所說明的掌握河口河道特性之河床變動與土砂動態分析方法。

- 2) 掌握底質粒徑的垂岸方向，就能分析了解漂砂系的土砂平衡。一般而言，海岸的底質因為波浪所造成的分級作用，海岸線與碎波點附近比較粗，水深越大則越細。利用深淺測量結果推測土砂平衡時，乃是藉由算出水深帶別的沿岸漂砂量，呈現粒徑的效果。

2.2.2 調查所能掌握的事項

<標準>

標準作法是，先知道前項 [2.2.1](#) 所說明掌握土砂動態的方法，擬定調查計畫，取得下列事項調查結果。

另外，接下來主要說明粒徑集團，但若所討論的時間空間領域還沒有充分的粒徑集團分級，就不能依靠粒徑集團，而必須實施土砂移動量與平衡之整理・分析。但即使這種情況下，也應盡可能將粒徑分布納入考量。

1) 各粒徑集團的動態基本特性

- a) 針對相同時間或時期，整理流砂系各種不同地點的每個粒徑集團土砂移動量，掌握流砂系內的土砂動態空間分布特性。
- b) 整理流砂系主要地點的每個粒徑集團土砂移動量之時間變化（或常年變化），掌握土砂動態的時間變化（或常年變化）。

2) 掌握重點放在每個粒徑集團動態的土砂平衡

設定一定空間範圍與期間，就能整理地形變化量、與地形變化量有關的主要粒徑集團，以及與該範圍有關每個粒徑集團的土砂平衡，然後掌握地形變化與每個粒徑集團土砂平衡的關係。

3) 掌握因衝擊導致土砂動態特性的變化

上述 1)與 2)所說明事項的分析，可在中間包含流砂系受自然衝擊（洪水、大規模土砂流出、海岸變形相關事件等），以及人為衝擊（河川整修、海岸開發事業、設置各種設施、把土砂搬出流砂系外或將土砂搬進流砂系內等）作用時間點在內的期間實施，或在中間有作用時間點的兩個期間之間實施，如此就能取得衝擊導致流砂系內土砂動態特性的變化此課題發生之關係與機制相關的具體分析材料。

4) 課題診斷・確認與應對措施檢討

若課題已明確，為了釐清上述 1)~3)所列事項，應進一步實施下列調查。

- a) 掌握形成課題之地點的土砂動態，以及與地形・材料有關的局部・詳細資訊，並掌握這些資訊與流砂系尺度之中宏觀土砂動態的關係
- b) 掌握課題與土砂動態（微觀、宏觀）之關係，包含為了達成這個目的所需進行更詳細的分析與解析等）
- c) 掌握用來解決課題之措施方案，及其可能帶給土砂動態的影響（效果、副作用等），並藉此進行措施方案的成效評估

若主要是為了實施預防的應對措施或觀察所掌握課題演變經過，應先了解上述 1)~3)調查結果，然後用預測的方法，檢討將來課題發展狀況，討論問題嚴重化情況，取得檢討監控戰略在內具體管理方法的材料。設定監控項目與方法，基本上應依據可掌握・評估課題嚴重化程度的狀態監視觀點，以及能更精確、更可靠地掌握土砂動態觀測的觀點。

能掌握・整理土砂移動量的地點，包括山區重要的土砂生產源與承受土砂之溪流地點、從山區往沖積平原的出口、各河段代表地點以及其代表連接地點（端部）、河道內汽水區域間上游端、河口（決定漂砂系往沿岸等地點供給土砂之地點）、漂砂系沿岸重要地點、會影響土砂動態的大規模構造物與衝擊作用範圍的上下游端等，不僅依據適合用來掌握流砂系特性與課題地點的觀點可確保充足數目，並且是實施綜合土砂管理所須持續監控的管理方面重要地點或代表地點。

上述討論的土砂管理上重要支流，同樣應列為掌握・整理其土砂移動量的對象。此外，只需掌握支流流入主流的土砂移動量，必要時仍應考慮掌握・整理支流主流匯流點的主流二地點土砂移動量之方法。

此外，計算土砂移動量時所使用的時間尺度（以通過該時間的平均粒徑集團通過量作為土砂移動量），應依據推動該粒徑集團的土砂活動特性，以及重點土砂特性變化的時間尺度等，適當地設定，並應適當地設定平衡分析時所設定的空間範圍與時間，以便掌握流砂系的特性與課題。

要掌握上述事項所實施的調查，會受限於各種因素以及能取得的資訊量、精度，因此通常會有誤差。由於有誤差，所以進行技術檢討與判斷很重要，有鑑於此，應在整理調查結果時，盡量一體地整理・標示出誤差範圍。

2.2.3 調查的實施

<標準>

為了掌握前項 2.2.2 所示事項而實施的調查，標準作法是配合流砂系狀況，選擇或組合適當的方法。調查的內容包括現地調查、觀測、既往數據與調查結果等的整理，以及建立土砂動態等的相關模式與分析、運用上述結果所進行的各種分析等等。

若無法靠現地調查、觀測與實際數據決定上述所有調查事項，必要時應配合目的，使用 第 6 章 河床變動、河床質變化與土砂輸送的分析，也可搭配使用 第 17 章 砂防調查、第 21 章 海岸調查所說明土砂輸送相關計算方法的重現或預測計算。

2.2.4 調查結果的綜合整理

<案例>

調查結果最好綜合整理成容易掌握土砂動態特性、診斷課題的圖表。其表示方法包括土砂平衡圖與土砂動態圖。土砂平衡圖即本章 2.2.2 之 2) 所述的調查結果圖示做法，可用來掌握地形變化與各粒徑集團土砂平衡之關係。此外，土砂動態圖乃本章 2.2.2 之 1) a) 所述調查結果圖示方法，可用來掌握流砂系內的土砂動態空間分布特性。

另外，沖擊作用前後，或實施措施前後，製作時間系列的土砂平衡圖與土砂動態圖（時間系列土砂平衡圖或時間系列土砂動態圖），有助於掌握沖擊所造成的土砂特性變化（參照本章 2.2.2 之 3)），以及課題要因分析、措施成效。如本章 2.2.2 所述，可設定製作上述圖表之時間尺度與期距，以便掌握土砂動態特性及課題。

土砂平衡圖與土砂動態圖，可配合流砂系各領域特性與課題，分開使用。其圖表名稱包括「粒徑別土砂收支圖」、「河道土砂動態圖」、「漂砂系土砂平衡圖」。其目的分別是詳細標示山區的土砂動態、宏觀說明以沖積河道為中心的水系土砂動態，以及說明海岸的土砂動態。

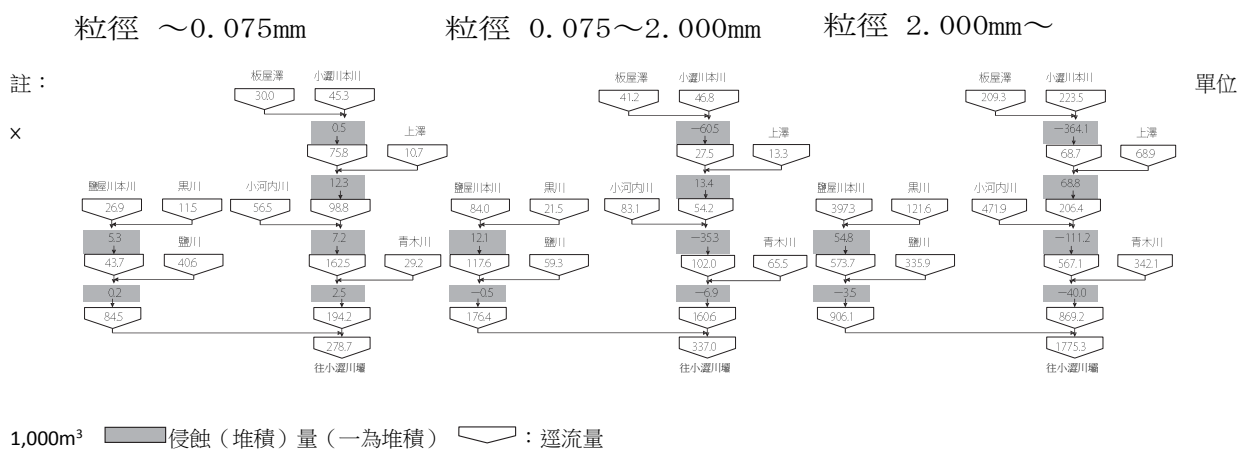
此外，如本章 1.2 基本方針所述，調查時未必得從山區到海岸全部涵蓋。

首先，山區土砂移動調查最好依據粒徑別的土砂平衡進行分析，做成粒徑別土砂平衡圖，適度地圖化、能有助於掌握其動態。

土砂平衡為某區間堆積或侵蝕之土砂量，及該從區間往下游流動土砂量之平衡，可依據崩塌地、溪流、河川河床標高之時間變動量，以及第 17 章 砂防調查 2.4.4 流砂觀測 之方法所計測到的流砂量，計算出來。

粒徑區分方面，了解土砂移動型態之後，可區分為可能會明顯影響山區河床變動的粒徑尺度，以及較小的粒徑尺度與較大的粒徑尺度。此外，如後述，若重視與沖積河道區間之連結，最好進行粒徑尺度區分時，將該處的粒徑集團納入考量。

計算長期間土砂平衡時，除了上述觀測結果之外，也可參考第 17 章 砂防調查 2.4.6 逕流分析・河床變動計算 之方法。圖 16-2-2 是針對小澗川，整理並圖化其粒徑別土砂平衡的案例。



註：單位 $\times 1,000\text{m}^3$ 侵蝕（堆積）量（一為堆積） 逕流量

圖 16-2-2 山區製作粒徑別土砂平衡圖舉例

（小澗川流砂系：地形測量 1982 年 8 月・9 月洪水前後土砂平衡）

「河道土砂動態圖」乃依據下列一貫的方針與方法，針對沖積河道區間為主的水系土砂動態，進行細部說明。

- 1) 以土砂移動量呈現河道深淺。
- 2) 把土砂生產源分割成即使就流域特徵掌握而言，也具備流域管理單位上呈現適當尺度的次流域。
- 3) 每個粒徑集團都分開標示。
- 4) 將該粒徑集團的該河段或區間之土砂輸送，分別標示為混合型或通過型。
- 5) 能判別其根據是在實測還是計算，且能引進誤差範圍標示與「不確定」之標示法，儘可能採用也能一併判斷資訊品質及可確性高低的標示方法。

土砂動態圖因為是在衝擊作用前後，或措施實施前後以時間系列做成（時間系列土砂態地圖），因此有助於分析課題要因、掌握措施成效。

圖 16-2-3 為河道土砂動態圖製作案例。跨越河道的白線為觀測點，旁邊標示其土砂移動量。只有混合型土砂輸送的河段，才會在河道旁邊標示虛線。代表次流域四角形框框內的數字，為土砂生產源的面積。

利用這樣的地圖，就能取得可用來大致判斷下列狀況的資訊，比如，哪個流域主要供給哪個粒徑集團，確認構成河口沙洲的粒徑集團。比如，建造大壩水庫會衝擊哪個粒徑集團怎樣的影響，以及這部分是否會呈現在河床變動與河口沙洲消長上面，若會呈現，需要多少時間等等（本例的下游端為湖泊，當然也可製作以出海口為下游端的圖）。

山區所製作的粒徑別土砂平衡圖最下游的粒徑別土砂流出量，可視為來自河道中土砂動態圖上游端的衝擊，如此就能將山區土砂動態詳細調查結果，用來掌握沖積河道土砂動態。但此時如本節 2.2.1 所述，須了解山區土砂動態所持有的空間與時間不均一性，在逐漸來到與沖積河道區間連接點的過程中如何被均一化，並須適當地讓山區與沖積河道區間的粒徑分布呈現方法連結起來，還得適當地讓支配性時間尺度差異可能相當大的二領域土砂動態連結起來。

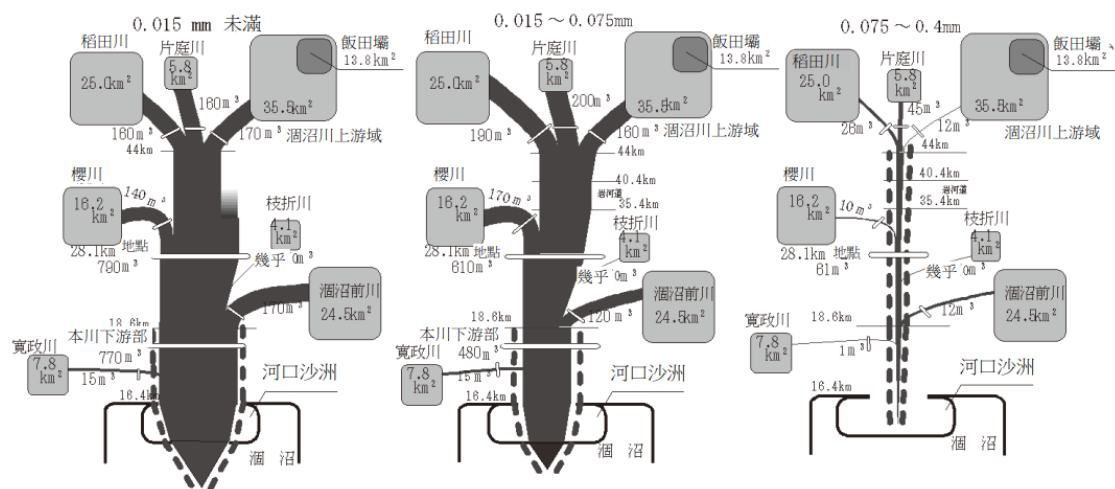


圖 16-2-3 河道土砂動態圖製作舉例

(澗沼川流砂系：以懸浮質量觀測掌握 1998 年 9 月 16 日洪水所造成的土砂總移動量)

圖 16-2-4 乃是進入設置水壩・堰堤階段前後，分期製作土砂動態圖，然後按時間系列順序排列成「時間系列土砂動態圖」。推測河道內標示白色圈圈地點的土砂移動量，箭頭代表推測值。水壩・堰堤地點的推定值實施 2 段標示，分別代表流入水壩・堰堤的土砂量，以及越過水壩・堰堤而流動的土砂量。流入水壩的土砂量，為水庫地形測量所取得的平均堆砂量實際記錄值。水庫尚未興建期間(圖 16-2-4 為 1945 年之前)，假定山區供給了與這項實際記錄值相同的土砂量，如此就能知道水壩設置後該地點的土砂移動量。如本例所示，只靠早期所取得的數據，有時難以充分推測土砂移動量。在這種情況下進行推測時，也可適當地援用之後取得的數據。類似這樣進行推測，應儘可能準用上述 5)，採用推測所用數據之出處，以及也能一併判斷推測方法與可靠性高低的標示法。

類似這樣繪製時間系列土砂動態圖，能掌握哪個年代之後流域的哪個地點，出現哪種粒徑集團土砂輸送量變化，並能針對該地點下游河道的河床變動，以及河口供給海岸土砂量所呈現的影響大小等，取得可用來大處著眼、進行評估有用資訊。

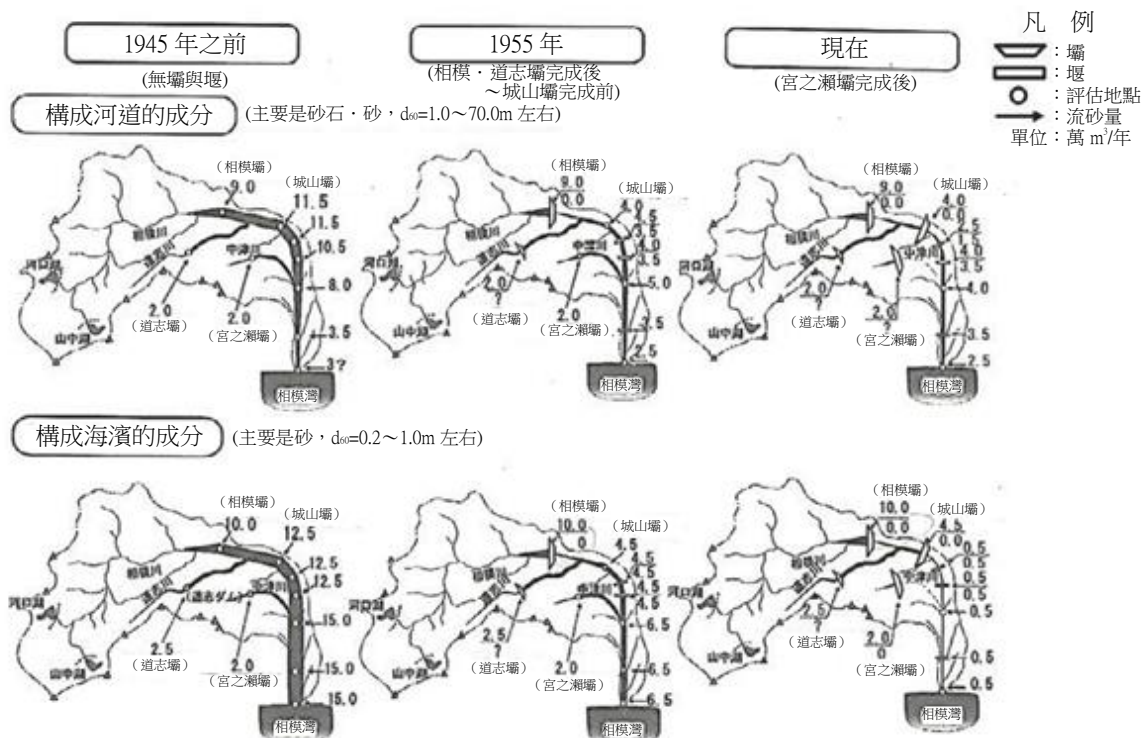


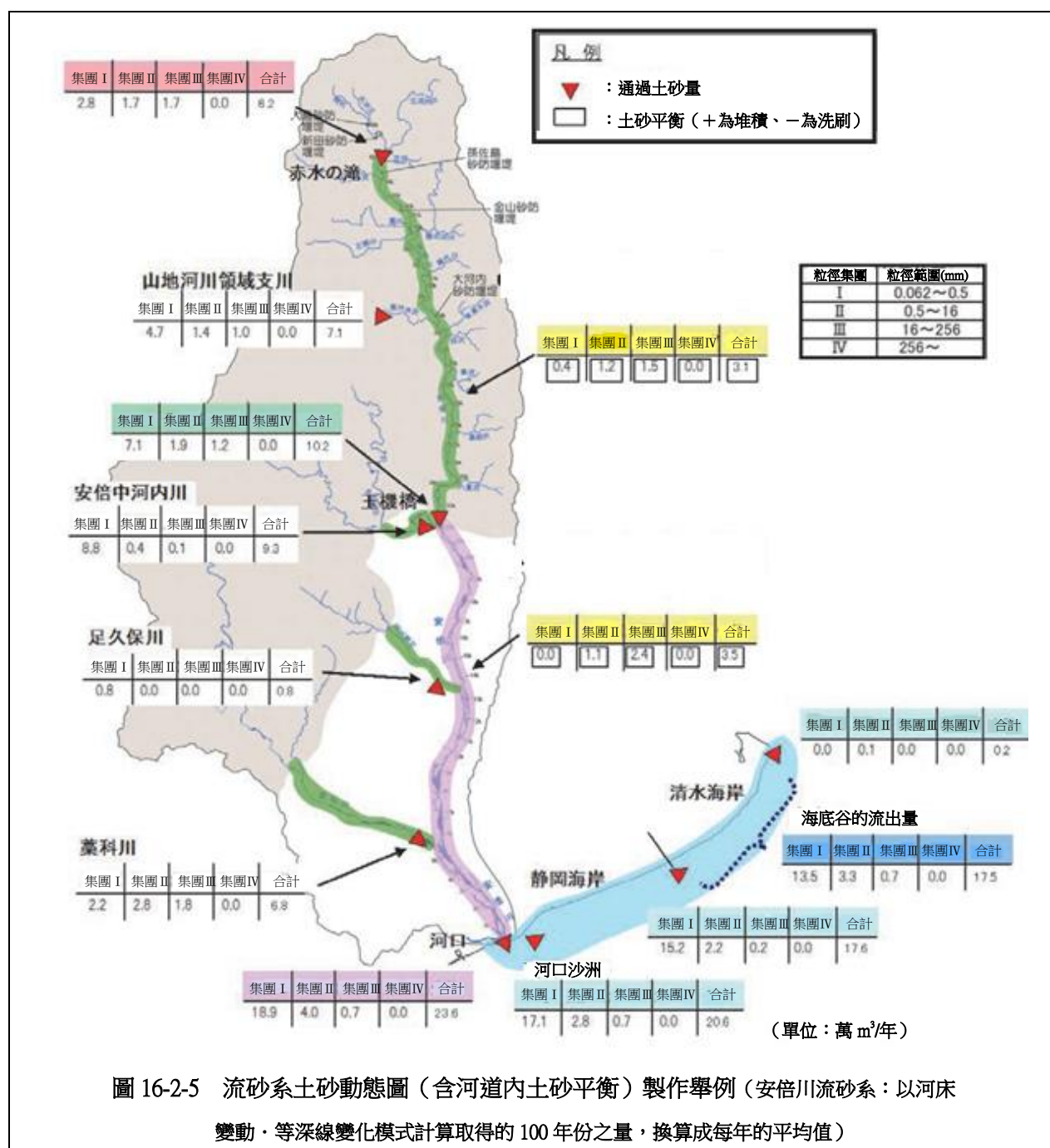
圖 16-2-4 河道的時間系列流砂系土砂動態圖製作舉例 (相模川流砂系: 水庫・河道地形測量與流砂量計算所得到的平均移動量推測值)

漂砂系土砂平衡圖呈現沿岸漂砂量與河川的土砂供給量。其製作舉例請參照第 21 章圖 21-7-2。這裡所謂的土砂供給，如前所述，須留意漂砂系中有效的粒徑集團。反之，適度地考量這種狀況，以及這兩種領域與土砂動態相關支配時間尺度的差異，就能進行將漂砂系土砂平衡圖和河道土砂動態圖有機地連結起來的檢討。

此外，漂砂系土砂收支圖的詳細做法，請參照第 21 章 海岸調查 第 7 節 漂砂調查。

不限於此處討論的圖或圖像，若要掌握整個課題的架構也就是流砂系整體狀況，調查結果圖化是很有用的方法，因此除了調查之外，綜合整理方面，包括上述製作例子所不包含的流砂系的土砂搬出量及以往設施等的堆積量等人為影響在內，如何建立仔細各種能呈現普遍性或該流砂系所存在狀況的呈現方法，非常重要。

圖 16-2-5 乃是用鳥瞰方式掌握流砂系整體狀況、製作土砂動態圖的例子，在包含山區・沖積河道區間・海岸在內的流砂系內，設定複數的主要地點，針對各該地點的粒徑集團別通過土砂量，將以河床變動・等深線變化模式計算而取得的 100 年間的量，換算成每年的平均值，就能以不同粒徑集團別用表的形式呈現出來。。



< 參考資料 >

山區的粒徑別土砂平衡圖 (圖 16-2-2), 詳細做法可參考下列資料。

- 1) 水野秀明, 南哲行: 山地流域における土砂移動の実態—粒徑別土砂収支の作成—, 土木技術資料, Vol.41 No.7, pp.48-53, 1999.
- 2) 国土技術政策総合研究所: 健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究, 国総研プロジェクト研究報告, 第 16 号, pp.29-67, 2007.

河道土砂動態圖 (圖 16-2-3), 詳細做法可參考下列詳細資料。

- 3) 国土技術政策総合研究所環境研究部, (独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター: [ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方](#), 国土技術政策総合研究所資料, 第 521 号, 土木研究所資料, 第 4140 号, 第 6 章, 2009.

- 4) 平館治，藤田光一，工藤啓，松尾和巳，坂野章，服部敦，瀬崎智之，二村貴幸，近藤和仁，徳田真，小薮剛史，李參熙：細粒土砂に関する涸沼川の水系土砂動態マップ，土木学会年次学術講演会講演概要集第2部，vol.54，pp.328-329，1999.

時間系列土砂動態圖（圖16-2-4）詳細做法，可參考下列資料。

- 5) 海野修司，辰野剛志，山本晃一，渡口正史，本多信二：相模川水系の土砂管理と河川環境の関連性に関する研究，河川技術論文集，第10巻，pp.185-190，2004.

流砂系土砂動態圖（圖16-2-5）詳細做法，可參考下列詳細資料。

- 6) 安倍川総合土砂管理計画，平成25年，中部地方整備局.

2.3 代表性的調查項目

2.3.1 定位

<想法>

實施綜合土砂管理很可能須進行個別調查的項目，以處理現場數據的為主，列舉如下。這些不代表調查的整體內容，而是掌握本章2.2 共通調查的框架而選出調查項目的重要候補內容。

若能在調查計畫立案時，事先掌握這些調查項目與內容，對於應累積哪種資料與數據等掌握有效綜合土砂管理相關調查方法，會很有幫助。

如2.1所述，流砂系擁有明顯的多樣性與獨特性，因此，取捨選擇調查項目、排定優先調查順序，應了解該流砂系各種狀況與調查目的，適當地判斷，如此一來，調查的具體做法及其所要求之精度、信賴度等，就能配合狀況地適度改變。

此外，主要目地在掌控課題藉以有效掌握流砂系全貌，因此不能只重視部分項目，而須全盤掌握所有應調查項目，整體地確保必要的調查精度與密度。

下列調查項目本質上具有如下的意涵。

1) 流砂系中土砂輸送沿途的土砂移動量及其積分值

- $Q_{s-di}(t)$ ：土砂輸送途中某地點粒徑集團 di 的土砂移動量 Q_{s-di} ，與時間 t 之關係（詳細內容參照2.3.6）。
- $\int_{t_1}^{t_2} Q_{s-di} dt$ ：上述時間積分值。即粒徑集團 di 的土砂移動量 Q_{s-di} 相關時刻， t_1 到 t_2 為止的積分值（詳細內容參照2.3.2）。

2) 構成流砂系的場之地形變化與粒徑變化

- $\Delta z(x, y)$ 、 $ps(x, y, d)$ ：地形變化 $\Delta z(x, y)$ 與（地形變化地點的）表層粒徑分布 $ps(x, y, d)$ 。在此， x 、 y 代表空間座標， d 代表粒徑（詳細內容參照2.3.3）。此外，這裡的某地點粒徑分布，乃是以粒徑 d 材料體積存在比例相關的密度函數加以說明（以下同）。
- $p(x, y, z, d)$ 、 $Ds(x, y)$ ：未固結堆積層三次元的各位置之粒徑分布 $p(x, y, z, d)$ ，與未固結堆積層厚度的空間分布 $Ds(x, y)$ 。在此， z 為垂直座標（詳細內容參照2.3.4）。

3) 對於流砂系的人為直接作用

- V_{s-out} 、 $P_{Vs-out}(d)$ 、 V_{s-in} 、 $P_{Vs-in}(d)$ ：流砂系的土砂搬出量 V_{s-out} 、流砂系的土砂搬入量 V_{s-in} 及其粒徑分布（詳細內容參照2.3.5）。

4) 流砂系相關長期變遷或累積的資訊

- 流砂系的長期變遷（詳細內容參照 2.3.7）。
- 聚焦流砂系內特定土砂長期的移動及其存在狀況的資訊掌握（比如，堆積在該地點經過幾年，或堆積的物質變成頻繁輸送已經多久了）（詳細內容參照 2.3.8）。

上述1)~4)的調查對象基本項目（土砂移動量等最細分化的特性量種類： Q_{s-d} 、 $\Delta z(x, y)$ 、 $p_s(x, y, d)$ 、 $D_s(x, y)$ 等），並非特別為了實施綜合土砂管理。這些在第4章 河道特性調查，也是調查對象。但若要進行調查，以便實施綜合土砂管理，除了當然必須選出並適用可取得對象基本項目數據的調查・觀測方法之外，還應進一步考慮如下的狀況。

- 取得各基本項目調查結果後，應掌握其時間變化特性，並從時間的角度，進行時間變化特性積分，乃至於按規定進行空間方面的積分等。
- 從地形變化量及其地點的粒徑分布，或者流砂系的土砂搬出量及其粒徑分布，能算出每個粒徑集團的地形變化量或土砂搬出量等等，這些複數項目應依規定方法，時間與空間交錯地進行整理與分析。
- 為了要能以必要之精度進行這些處理工作，取得基本項目數據之際，必須搭配進行相關調查，以適度地確保取得該時間・空間配置（間隔、範圍）與取得複數種類基本項目相關的同時性及同所性。

這些重點可說是綜合土砂管理所需調查的特徵所在，並且也是能取得有用結果的關鍵。掌握下列各項調查內容時，若能注意這部分，也就能更容易掌握取得有助於實施綜合土砂管理結果的方法，以及其與一般調查的關係。

2.3.2 以調查堆積在設施等的土砂而掌握粒徑集團別土砂移動量的時間積分值（一定期間的總和）

<建議>

【公式的寫法： $\int_{t_1}^{t_2} Q_{s-d_i} dt$ 】

建議必要時實施以下調查。

- 1) 防砂壩等地點的土砂堆積量及其常年變化狀況。堆積物的整體粒徑分布。
- 2) 水庫的淤砂量及其常年變化狀況。堆積物的整體粒徑分布。
- 3) 漂砂調控設施與防波堤等漂砂上游的土砂堆積量，及其常年變化狀況。堆積物的整體粒徑分布。

考量到長期間連續觀測土砂移動量，以及涵蓋包含推移質的全粒徑集團的困難程度，雖然只是一定期間積分值而非有連續數據的限制，但可取得全部或大多數粒徑範圍土砂移動量資訊的這些調查項目，相當重要。

不只堆積土砂總量，若能事先調查其整體粒徑分布（每個粒徑尺度的堆積量），就能大大提高資訊量。掌握堆積量的常年變化資訊，能某種程度完成土砂移動常年變化傾向分析。上述方法論引進了堆積過程相關地形・地質領域的知識見解，可用來掌握沖積平原的超長期土砂堆積量調查。

水庫保有一定程度，防砂壩則有相當大量土砂通過，因此，進行調查結果的分析與活用，還是必須推測・預測通過土砂量。雖然有相當土砂量通過，水庫與防砂壩並不會因此失去其功能。

此外，若無該設施，基本上所堆積土砂應該都會往下游流動，本調查所取得的積分值與堆積過程，搭配具體掌握本節2.2.1所述流砂系土砂動態基本特徵的調查，就能成為可用來分析設施調控土砂動態效果，以及設施存在與土砂動態關係的直接資訊。

<參考資料>

調查水庫堆積土砂全體粒徑分布的方法，可參考下列資料。

- 1) 櫻井寿之，柏井条介，大黒真希：ダム貯水池の堆砂形態，土木技術資料，第 45 卷 3 号，pp.56-61，2003.

2.3.3 地形變化與變化部等的粒徑分布

<建 議>

【公式的寫法： $\Delta z(x, y)$ 、 $p_s(x, y, d)$ 】

建議必要時實施以下調查。

- 1) 河道地形變化及發生地形變化的地點（以下稱為變化部分）等的河床質粒徑分布。
- 2) 河口地形變化與變化部分等的河床・海岸材料粒徑分布。特別是與河口沙洲消長有關的部分。
- 3) 海岸地形變化與變化部分等的海岸材料粒徑分布。

除了掌握地形變化之外，也須掌握構成變化部分地形材料的粒徑分布，亦即一併掌握侵蝕所導致失去的土砂之粒徑分布，以及堆積所新增加土砂之粒徑分布，如此就能可取得本節2.2.2、可用來「掌握每個粒徑集團動態平衡」的資訊。

但若地形變化歷程與堆積構造複雜、難以只靠地面材料就確認的「變化部分材料」，或者地形變化即使變小也仍會置換成不同粒徑的情況下，就有必要連同地面下的材料調查在內，即使地形變化小的地點也進行額外的處理與勞力投入地擴大粒徑分布之調查對象（參照次項）。因此，掌握目的與必要精度的調查方法，就更加重要。

2.3.4 流砂系相關土砂的存在狀況

<建 議>

【公式的寫法： $p(x, y, z, d)$ 、 $D_s(x, y)$ 】

建議必要時實施以下調查。

- ・ 流砂系各地點、可能會影響土砂動態的土砂儲存量及其粒徑組成、堆積構造（包含河川的沖積層或未固結堆積層厚度）。

本調查項目乃是流砂系特性相關基本資訊之一，特別是流砂系整體呈現侵蝕傾向時，其重要性更高。

本資訊可作為本節2.3.3所述、地形變化歷程與堆積構造複雜情況下，進行分析時的參考。

此外，溪流區間與山地河道區間通常會有、沖積河道區間也常存在沖積層或未固結堆積層有點薄的地點，此時，事先掌握沖積層等的厚度，就分析過去的土砂平衡而言，有助於在檢討今後可能發生之土砂動態，乃至於實施包含岩盤裸露控制等河床管理相關診斷與對應措施之技術檢討，都會很有用。

<參考資料>

推測並活用沖積平原的超長期土砂堆積量，可參考下列資料。

- 1) 藤田光一，山本晃一，赤堀安宏：勾配・河床材料の急変点を持つ沖積河道縦断面の形成機構と縦断面変化予測，土木学会論文集，No.600／Ⅱ-44，pp.37-50，1998.

2.3.5 流砂系的搬出量、搬入量及其粒徑分布

<建議>

【公式的寫法： V_{s-out} 、 $P_{Vs-out}(d)$ 、 V_{s-in} 、 $P_{Vs-in}(d)$ 】

河道與海岸等的土砂搬出量或搬入量以及搬出搬入的時間點・時期與場所、相關粒徑分布，都是可用來掌握流砂系土砂動態、特別是直接性的人為衝擊影響的基本資訊，因此建議應實施調查。這裡所謂的搬出與搬入，指從流砂系往流砂系之外，或從流砂系外往流砂系讓土砂移動的各種人為作用（比如，搬出包含採砂石、浚渫、挖深河道等等）。

在此同樣重點也是不只是量，也須一併掌握粒徑分布，並取得本節2.2.2能用來進行整理・分析「掌握每個粒徑集團動態平衡」以及「能考慮粒徑分布」的資訊。

2.3.6 重要地點的粒徑集團別土砂移動量的時間變化

(1) 實施持續性流砂觀測時的注意要點

<想法>

【公式的寫法： $Q_{s-di}(t)$ 】

即使現在，有時要實施流砂觀測與漂砂觀測，仍有技術困難與耗費勞力狀況，因此未必應積極擴大實施。但流砂與漂砂觀測這種基礎方法，還是應納入調查選項，並持續探討流砂觀測之必要性、重要性及其所能取得有效數據的可能性，保持能選擇並實施流砂觀測的彈性。

本項目調查的核心內容為，持續實施第4章河道特性調查 6.3 土砂輸送觀測，以及第17章 砂防調查 2.4 土砂流出相關調查、第21章 海岸調查 7.4 漂砂觀測 所探討之河川與海岸流砂觀測、漂砂觀測。然後，從提供綜合土砂管理參考的角度，在此先提幾個注意要點。

首先，河川流砂系的注意要點，有以下1)～5)五點。

1) 對象粒徑集團及其所形成的河床變動（或現象），予以明確化

流砂系特性與課題掌握，或者為了實施綜合土砂管理而持續監控，從這樣的角度探討目的並明確指出應以觀測掌握的粒徑集團。

2) 將對象現象的時間與空間延展性很大一事納入考量

掌握河段尺度（河寬數倍程度：參照表4-2-1）的河道區間或1個河道區段內的土砂輸送現象，和掌握流砂系土砂動態，兩者的調查基本立場不同（從空間擴大的角度來看）。

此外，掌握洪水某瞬間或一次洪水輸送的土砂，和掌握數年甚至更長期間的土砂輸送，兩者的調查基本立場同樣須改變（從時間拉長的角度來看）。時間與空間擴大狀況越小，越能詳細進行土砂輸送量觀察等調查，處理土砂輸送的微觀現象。

另一方面，時間與空間擴大狀況更明顯，就必須從宏觀的角度掌握土砂輸送的角度，適度地選擇調查地點與項目。

3）充分了解各種流砂觀測法的特徵與課題

實施流砂觀測，一般而言推移質觀測技術難度較高（或需較大裝置）；反之，河床起源懸浮質或沖瀉載（質）型態下所輸送的土砂，可進行採水樣觀測，技術上相對容易。特別是沖瀉載流水斷面內，土砂濃度相當平均，即使只表面附近的採水樣，只要有流量相關資訊，多半還是能某種程度掌握土砂移動量。觀察河床起源懸浮質，須針對土砂濃度與流速垂直分布，進行一體化觀測。因此須將機器放入水中深處。在流速快的溪流區間與山地河道區間，這項作業相當困難，容易成為懸浮質觀測障礙。

在符合調查主旨範圍內，最好增加能更容易實施流砂觀測的地點；若希望能在有限的推移質觀測地點與適當的時間點實施調查，須配置好觀測地點。這些都是實際執行調查計畫時須協調規畫的工作。

4）搭配水理量與河床變動，實施觀測

【觀察對象為河床源頭的流沙（推移質、懸浮質）時】

對象現象的空間與時間明顯擴大，就很難針對其全部實施流砂觀測，因此，在流砂觀測地點，或包含流砂觀測地點在內的一定區間實施水理量（流速、剪應力、流量、水位、水位的縱斷變化、水深等）觀測時，有時還得一併進行河床變動觀測，掌握或分析這些狀況與輸砂量關係的資訊，經由這樣的準備工作，就能先依據水理量（有時也包括河床變動）觀測結果，推測出輸砂量。這應該是實施輸砂量直接觀測相得益彰的成果。掌握河床變動方面，活用比洪水中觀測較容易實施且能確保高精度與高空間解析度的平常時河床地形測量（但須在洪水前後實施），也是重要選項。

一般而言，洪水時水理量（特別是水位）觀測方法，比流砂觀測更容易，精度也高，因此可期待這種方法具有實效性。探討水理量與流砂量關聯性的方法，第4章 河道特性調查 [6.3.4](#) 水理量與土砂輸送量觀測結果之關係的整理 之中，介紹了幾個代表性的例子。

此外，若以河床明顯變動時河道區間的河床源頭輸砂量（推移質、懸浮質）為調查對象，最好發展可活用一定區間水理量詳細時間・空間變化數據，以及河床變動相關資訊的方法。這應該也能呼應第4章 河道特性調查 第6節 土砂輸送特性 [6.5](#) 以綜合觀測進行調查 所提到的觀測方法。

另外，溪流區間與山地河道區間（也可指砂防區域的河道區間），如本節 [2.2.1](#) 所說明的，河床源頭土砂輸送量，和作用在該地點河床力學相關水理量（剪應力等）的關係，會比沖積河道區間更容易大範圍變動，因此須注意，依據剪應力推測流砂量，這種做法，還是很難派上用場。

此外，若處理的是部分附著在材料 m 上面的透過型土砂，或者以沖積層或未固結堆積層非常薄河道區間之河床源頭土砂輸送量為調查對象，作用在這種河床的力相關水理量，與該土砂移動量之對應關係已經越來越薄，因此，依據水理量推測土砂移動量時，須注意這個問題。

【以沖瀉載作為對象時】

如第4章 河道特性調查 [6.3.4](#) 水理量與土砂輸送量觀測結果關係的整理所述，利用與流量之關係的方法，具有代表性。但豐水期與枯水期時的關係狀況不同，須找出每次因洪水關係而產生差異的特性。

5) 各種流砂觀測裝置的選定

也可參考第4章 河道特性調查 [6.3](#) 土砂輸送觀測。

針對漂砂系推測沿岸漂沙量的方法，通常不會用直接計測漂砂的方法觀測漂砂，而是從地形變化（推砂量的時間變化）進行推測。但地形變化的測定精度，頂多只有10cm左右，無法更密集地設定測線間隔，因此，為了提高以地形變化推測沿岸漂砂量的可靠性，除了波浪與水流的外力場之外，直接量測移動的砂礫，也是有效方法。漂砂觀測的詳細方法，參照第21章 海岸調查 [第7節](#) 漂砂調查。

<參考資料>

掌握注意要點 4) 所提到的溪流・山地河道區間與沖積河道區間之土砂動態特性差異，進行調查・分析的方法，可參考下列資料。

- 1) 国土技術政策総合研究所環境研究部，(独)土木研究所水環境研究グループ自然共生センター：[ダムと下流河川の物理環境との関係についての捉え方](#)，国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，土木研究所資料，第 4140 号，第2章7節，2009.

然後，若觀測對象與注意要點 4)有關，並且以會同時產生有意義河床變動的河道區間之河床起源流砂量（推移質、懸浮質）為對象，如何活用與一定區間水理量的詳細時間・空間變化數據，以及河床變動有關的資訊，可參考下列資料。

- 2) 福岡捷二：河道設計のための基本は何か－水面形時系列觀測値と洪水流－土砂流の解析を組み合わせた河道水理システムとその見える化，河川技術論文集，第 17 卷，pp.83-88，2011.

(2) 調查內容

<建 議>

必要時應實施的調查內容，主要是沖積河道區間的部分，如下所述。

- 1) 重要地點的選定，主要判斷根據是，該地點適合用來掌握包含本章 [2.2.2](#) 調查所了解事項之中代表性例子所呈現的流砂系特性與課題，並且也必須是可用來持續進行監控，以便實施綜合土砂管理的代表性地點。
- 2) 適當地設定對象粒徑集團，適當地搭配使用第4章 河道特性調查 [6.3](#) 土砂輸送觀測（山區特徵強烈時，一併參照第17章 砂防調查 [2.4](#) 土砂輸送相關調查）所述的推移質、懸浮質、沖瀉載不同觀測方法，觀測與所設定粒徑集團對應之粒徑範圍、輸送型態的土砂移動量，然後將其結果整理成粒徑集團別的土砂移動量。

- 3) 與上述2)一併實施水理量及必要時的河床變動觀測，並把這些結果及其與土砂移動量的關係，當作是土砂移動量觀測的補充資訊。
- 4) 可作為持續實施上述觀測、掌握每個粒徑集團土砂移動量的時間或常年變化特性之所需基本資訊。其時間尺度，遵照本章 [2.2.2](#) 調查所取得的事項。

2.3.7 流砂系的長期變遷

<建 議>

作用在流砂系的各種影響，應進行有體系地整理，和其間的地形與材料（構成河川、海岸等流砂系）變化做對比，盡量大處著眼地掌握眼前流砂系形成之歷史過程。

上述影響包含自然的影響與人為影響。不應只整理所影響之事項，最好也整理可具體且定量檢討其所帶給流砂系影響的資訊。但綜合土砂管理方面，不應只依賴短期預測與設定，而應掌握該流砂系的長期狀況變化與趨勢，建立這樣的理解再實施檢討。也就是重點不能過度放在掌握能整理資訊的精度，而須盡量長期地追蹤流砂系變遷，了解資訊的可靠性，實施整理結果分析。

此外，必要時最好也從地形發達史的觀點，積極整理與超長期流砂系變遷有關的資訊。

也可參考第4章 河道特性調查 [第7節](#) 河道相關的各種狀況。

2.3.8 土砂長期性時間經過的推測

<案 例>

如果能事先測定・推測鎖定研究的土砂已在該地點堆積多久，以及由土砂生產源供給並輸送的土砂已經過多少時間等等土砂堆積與輸送經過之時間，搭配其他調查結果進行分析，經常就能因此掌握流砂系特性，有助於檢討這部分課題及其發生的原因。

類似這種狀況，可利用地球科學方法，運用年代測定等技術實施調查。這部分可參考第21章 海岸調查 [7.3](#) 底質調查 [7.3.4](#) 數據整理。

第3節 調查結果的累積・分享

<建 議>

即使有 [2.1](#) 所述理由的共通調查，每個流砂系的調查內容變化可能都很大，針對各流砂系實施的調查，以及掌握課題、對應措施檢討，都須掌握適當時間點地綜合整理，並且為了能與其他案例做比較，包括調查的個別內容與如何搭配各種調查方法、課題掌握方法等等，都應打造成能容易參照調查結果促進綜合土砂管理良好例子的狀況。

因此，建議推動調查結果的累積與分享。

<案 例>

有時對象範圍太廣，實施綜合土砂管理調查，需費時多年。此時應設定調查的階段目標，整理每個階段所取得知識見解，並具體擬定相關對策。反覆實施這項過程，就可一個階段一個階段地做好綜合土砂管理工作。重點在於每個階段都各自提高調查成效，指出各個階段仍不足之數據與知識見解，再進一步研究、找到更好的調查項目與方法等等。必要時也可重新擬定、調整整體的調查計畫。

比如，調查初期階段可把重點放在掌握從山區往沖積河道區間、從沖積河道區間往海岸走的土砂動態特性。具體而言就是了解各領域銜接地點的有效粒徑集團別土砂移動量，及與其增減有關的主要人為或自然影響，乃至於各影響要素相對影響力大小等等。若要把這些知識見解當作個別領域各種對策的起點，須實施各對策能增減領域間土砂吞吐量大小的評估，清楚說明某領域對策所可能其他領域造成的問題，以及如何進行調整、推出追加措施，以改善課題。同時，若要一貫地解決流砂系課題而擬定綜合性對策，須能清楚指出下一個階段前須取得的土砂動態特性相關資訊，並深入研究、調整，掌握更精確地實施更可靠的調查。

類似這樣綜合整理每個階段調查的結果、重新評估與修正的調查做法，可參考安倍川為了制定綜合土砂管理計畫所實施的調查。

<參考資料>

在安倍川實施調查結果的累積與分享，其詳細做法可參考下列資料。

- 1) 安倍川綜合土砂管理計畫，平成 25 年，中部地方整備局。

編譯：水土保持局技術研究發展小組

Research and Technology Development Team, SWCB, COA

December 2017

本文件之翻譯及轉載，均符合日本著作權法相關規定。