

# 世界大江의 流送土砂量 現況

(The Sediment Yields of Major Rivers in the World)

徐 承 德

<土聯·調査設計部 計劃課>

## I. 緒 言

먼 過去에는 많은 水理構造物工事を 實施하는데 있어서 河川에 流入하는 土砂의 影響等を 考慮하지 않고 工事하였다. 그리하여 이러한 構造物을 運用하고 維持하는 동안에 流送土砂量 때문에 豫見치 못한 많은 被害事件이 發生하였을 뿐만 아니라 이러한 流砂量 때문에 이들 構造物의 經濟的인 壽命도 當初보다 많은 減縮의 結果를 招來하였다.

世界的으로 最初의 流砂量調査는 17世紀 初에 이태리에서 實施하였으나 流送土砂問題의 基本原理의 調査가 科學的으로 實施되기는 18世紀에 이르러 佛蘭西에서 처음이었다. 그러나 自然河川의 流水에 依해서 運送되는 流送土砂의 量的인 測定은 1808~1809년에 Rhone江에서 Grosse氏와 Subuors氏가 實施한바 있으며 그외의 다른 初期的인 測定은 1837~1854年 동안에 獨逸 Hamburg의 Elbe江에서 Blohm氏에 依해서 實施되었고, 1830~1846년에 佛蘭西의 Garonne江에서 同國의 Baumgarter氏에 依해서 實施된바 있다.

美國에서 最初로 流送土砂를 觀察한 사람은 1838년에 船長 Talcott氏가 美國의 Mississippi江에서 實施한바 있다. 그러나 광대한 觀測은 Mississippi江下流에서 美國의 Forshey氏, Humphrey氏, 그리고 Abbot氏 三人의 合同研究로써 1851~1852년에 實施한바 있고 流送土砂에 대한 試料採取는 1877~1898년에 同江의 河口附近 South pass에서 實施하였다. 한편 1951년에 美 內務省 開拓局에서는 同國의 Rio Grande江에서 155哩의 區間에 걸쳐 總流砂의 流送量을 決

定할 目的으로 流送土砂에 대한 大的인 測定 實施와 基礎資料를 수집한바 있으며 美國地質調査局에서도 同國의 Caralville 近郊의 Iowa江에서 流砂의 試料採取觀測所를 設置하고 試料採取器를 使用하여 實測에 이르렀고 새로운 채취기를 利用하여 이에對한 研究分析은 날로 發展하여 그 分析의 精度도 더욱 精密한 값에 이르고 있다.

이렇듯 流砂量의 水工學的인 問題의 關心度는 過去에는 應當考慮해야할 分野에서 손대지 않던 것을 現在에는 水利工事에서 工作物의 維持管理 施設의 運營等 모든 經濟的인 壽命問題까지도 流砂問題를 考慮하고있는 實情이다. 한편 河川開發 및 水資源의 利用面에 있어서도 이 流砂量問題를 重視하고 있는 實情이다.

이러한 流砂量의 調査研究는 全世界를 通하여 水力發電, 灌溉, 航海, 洪水調節 貯留量의 損失問題, 土地被害 및 土壤保全등에 크게 關聯하며 土木工學의 技術者들에게 크게 脚光을 받고있는 學問이다.

本稿에서는 이와같은 關心度가 커가는 流砂量問題를 全世界的인 見地에서 世界 大江의 流送土砂量現況을 美國 農務省 土壤保全局에서 研究調査한 結果를 基礎로 하여 紹介하고자 한다.

## II. 全世界 流送土量의 概況

全世界의 各河川으로부터 流送되는 流送土砂에 對한 知識은 여러가지 理由에서 重要한 價値가 있다. 例를들면 貯水池設計는 貯水池內에 堆積될 沈澱量의 餘裕를 充分히 考慮하며 實施하여야 하며, 또한 貯水池壽命期間의 全効率에 對한것도 아울러 計算할 必要가 있는것이다. 한편

流送土砂量の生成量으로서流域内の浸蝕程度와地域的인浸蝕率까지도大體的으로示唆할 수 있다

바다로流送되는流送土砂에對해서는 많은學者들에依해서計算된바 있다. 이計算에依하던 그平均値의範圍가廣範圍하며 Fournier(1960)氏는全世界의流送土砂量を年間總量 $64 \times 10^9$  tons (640億噸)以上으로計算하였고 Lopatin (1952)氏는 $14 \times 10^9$  tons (140億噸)으로計算하였다. 이들 값은 바다로土砂量を流送시키고있는大陸 가운데 1/3以上の 것에서算出된자료에서 이들 값을外挿法의分析方法을適用해서 유도한結果로서世界の年間平均流砂量生成高는 $20.2 \times 10^9$  tons (202億噸)으로計算되었다.

때때로 이들資料는記錄値의欠乏과流砂試料採取方法의多樣各色으로因하여變化가 많아疑心の餘地가 많으며 어든資料는河床物質(掃流砂) Bed load에依한流砂量까지 총유사량으로計算을 한 것도 있는가 하면 이것에反해서 다만浮流砂(Suspended Sediment)試料採取에依해서만計算이 된 것도 있다.

本稿에서는 바다에流入되는流砂量を測定한世界主要河川의全部를 수록하지 못했으나美國의江中若干을除外하고서分析發表된資料로서世界大江의 것은 대개 수록하였다.

地球의表面積은 약 2억平方哩(19,690萬平方哩)로서 이 가운데 71%가 물이며,陸地는 29%에 해당하는 5,750萬平方哩로서 이 가운데 약 500萬平方哩의面積은地球의極地帶이고, 1,320萬平方哩은閉塞地와沙漠으로써流出量이 전혀 없는地域이다.

Livingstone (1963)에依하면 5,750平方哩 가운데 3,920萬平方哩에서 만이流出과流砂量生成에必要的 물이大洋으로流入한다는 것이다.

Putnam (1964)은全大陸에 내리는年平均降雨量を 24,000立方哩(약 26~27 inch 660~686 mm)程度라고發表하였다. 그리고 Langbein과 Schumm (1958)은美國에서最大流砂量生成高는例年平均有效降水量이 10~14<sup>inch</sup> (254~356 mm)일 때 발생한다고 밝혔다.

流砂量の 발생現象은年平均雨量이 10 inch (254 mm)以下로降下함에 따라서 예민한感度로急激히下降함을 알 수 있었는데 이는小降雨에依

한小流出量의結果에起因함이 밝혀졌다. 그리고一般적으로流砂量은降雨가 14%以上일 때減少하는現象을 가져오고 있는데 이의原因은降雨가增加함에 따라서植生の成長速度가 커져서被覆狀態가良好하여浸蝕을減少시키는데起因하는 것으로推定하고 있다. 이러한事實은土聯研究所에서 1956년부터 1968년까지 경기도二東저수지流域河川인松田川에서實施해온結果를 볼 때 1966年과 1967年의兩年の年平均 강우량은後者が 150mm 内外 적은量을 나타낸 것 외에는年降雨量의絕對量에는 큰差가 없었으나日降雨 및 時間降雨 강우強度 같은短期間이集中降雨에 따라流送土砂量이 크게 달라짐을 알았다. 1966年 7월에日降雨最大 200mm에松田橋地點河川水位는 3m에達했던 해와 1967年 8월에 같은地點에서의 최대日降雨 100mm 内外에水位 1.50m 일때의流砂量은比較가 되지 않을 만큼 큰差異를 보이고 있다. 即全年을 통하여集中降雨가 많았던 1969년에比하여集中降雨가 적었던 1967年의流砂量은後者が前者의 1/3을下廻하는結果를 가져온바 있다.

한편植生被覆과의關係는世界 어느곳에서나共通的인點이 많다.美國農務省에서發刊한 Year book of Agriculture (1941)와 Climate & Man (1941)에 나타난結果를 보면全世界를 통하여植生の形態 및 分布는年降雨量의分布에密接하게 영향을 받으며流出率도 또한降雨와密接하게聯關되고 있음이 밝혀졌다.

16 個江中에서北東아시아에位置하고 있는 Lena와 Amur江, 캐나다의 Mackenzie와 Nelson江, 南東아프리카의 Zambezi江에 대한流砂量資料가 없는實情인바.

다음表1은世界 16大江으로年間바다로流送되는流砂量이 1億噸以上이 되는 곳이다.全世界河川流域의流砂量生成高를比較하기 위하여砂生成量 500톤/平方哩/年 이상의 것을上, 200~500의 것 중, 200 以下の것을下로 각각 편리하게 구분하여稱한다.

〈表 1〉

世界大江의 流砂量 比較表 (>10<sup>8</sup>톤/年)

序 列	江 名	國 名	總集水 面積 (10 <sup>3</sup> 平 方哩)	年間平均浮遊流砂量		河 口 的 平 均 流 量 1000cfs	
				1000톤	톤/平方哩		
1	黃 河 Yellow	中 國	260	2,080,000	7,540	53	c. f. s. 秒 當 立方呎
2	간 지 스 Ganges	인 도	359	1,600,000	4,000	415	
3	브라마 프트라 Bromaputra	東部파키스탄	257	800,000	3,700	430	
4	楊 子 Yangtze	中 國	750	550,000	1,400	770	
5	인 다 스 Indus	西部파키스탄	374	480,000	1,300	196	
6	칭 (黃河支流) Ching	中 國	22	450,000	20,500	2	
7	아 마 존 Amazon	부 라 질	2,230	400,000	170	6,400	
8	미 시 시 피 Mississippi	美 國	1,244	344,000	280	630	
9	이 라 와 디 Irrawaddy	미 약	166	330,000	2,340	479	
10	미쥬리 (미시시피支流) Missouri	美國, 미쥬리	529	240,000	450	69	
11	로 오 (黃河支流) Lo	中 國	10	210,000	20,200	...	
12	코시 (간지스지류) Kosi	인 도	24	190,000	7,980	64	
13	메 롱 Mekong	태 국	307	187,000	1,240	390	
14	코로라도 Colorado	美 國	246	149,000	1,030	5.5	
15	레 드 Red	北 部 일 남	46	143,000	3,030	138	
16	나 일 Nile	에 집 트	1,150	122,000	100	100	

### Ⅲ. 世界 六大洲의 流送土砂生成量의 比較

世界 六大洲의 主要河川을 들어 流砂生成量을 比較하던 다음과 같다.

#### a. 北아메리카洲

北美洲에서는 流送土砂量에 對한 資料가 大部分 수집되었다. 大部分의 資料는 美國에서부터 誘導되었으며, 最初의 資料는 大部分 美國 內務省 地質調査局과 美陸軍省 工兵團에서 蒐集하였다. 美國의 미시시피江은 1949年以來로 年間 平均 262百萬톤의 流砂量 流送現象이 밝혀졌다. 이들 平均값은 美工兵團의 記錄에 根據를 둔것인데 觀測記錄期間은 1949~1966年의 18年間の 記錄值를 使用한 것이며, 1952年以前에는 이와 同一한 地點에서의 流砂量을 年間平均 5億톤으로 計算하였으나 이 값은 非正常的 임이 判明되었으며, 그뒤로는 年間 325百萬톤以上은 測定計算되지 아니하였다.

이러한 事實은 土壤保全事業, 河川堤防 및 護岸工事와 새로운 貯流地築造등으로 因하여 많은 流送土砂量의 減少現象을 가져왔다. Brown (1950)은 South Dakota의 Yankton에서 Missouri江

의 年間 流砂量으로 134百萬톤이 流送된다고 發表한바 있는데 이 結果는 9年間の 記錄에 根據를 둔것이며, 1953年에 Yankton 으로부터 上流로 82 mile地點과 615 mile (河川里程)地點에 Ft. Randall과 Garrison 댐이 築造되었고 또 이어서 1955年 6月에 Yangton 으로부터 上流로 不過 數哩地點에 Gavins Point Dam이 設置되어 이들 3個댐의 影響으로 上流部에서는 年間236萬톤 (1955~1963) 이라는 많은 量의 浮流砂量의 예민한 減少를 엿볼수있다.

다음 表 2에는 流域面積의 順序에 따라 北아메리카洲의 流送土砂量을 기록한바 멕시코에는 단지 1개江을, 캐나다에는 St. Lawrence의에 Saskatchewan과 Red의 大江을 들수있다. 이들중 캐나다에서 측정한 結果를 보면 江에 따라서 年平均 流砂量 平均값은 平方哩當 37과 16톤이라는 값이 算出되었다. 表2를 보면 北美洲의 年間 平均 流砂量은 平方哩當 245톤으로 計算된다.

#### b. 南아메리카洲

南美大陸은 大概 두부분으로 나누어 太平洋近海에 있는 Andes山의 頂上을 基準으로하여 이山의 東部傾斜部에 降水가 降下하여 아마존江으로

〈表 2〉

北 美 洲 代 表 河 川 의 浮 流 砂 量 表

江 名	位 置 (國名)	集水面積 (哩) <sup>2</sup>	年平均浮流砂量		河口에서 의 流 量 10 <sup>3</sup> cfs	流砂量調査期間
			10 <sup>3</sup> 톤	噸/平方哩		
미 시 시 피 Mississippi	바톤로우즈, 루이시애나 Baton Rouge, Louisiana	—	262,487	—	—	1949.10— 1966.9
아 차 화 라 야 Atchafalaya	썸메스포트, 루이시애나 Simmesport, Louisiana	—	121,400	—	—	1951.10— 1965.9
미 시 시 피 Mississippi	(14年間의 위 두江의 합 計)	1,244,000	344,000	277	630	1951.10— 1965.9
미 조 리 Missouri	허만, 미조리 Hermann, Missouri	528,200	239,562	454	69.3	1949—1954
손 트 로 렌 스 St. Lawrence	入口, 캐나다 Mouth, Canada	498,000	4,000	8	500	...
코 로 라 도 Colorado	그랜드캐논, 아리조나 Grand Canyon, Arizona	137,800	149,000	1,082	5.5	1925.10— 1957.9
샤 스 캣 치 윈 Saskatchewan	파스, 캐나다 The pass, Canada	125,054	4,600	37	80	1954—60, 62—64
레 드 Red	로크포트, 캐나다 Lockport, Canada	110,782	1,770	16	80	1956—58, 61—64
스 내 이 크 Snake	센트럴페리, 와싱턴 Central Ferri, Washington	103,500	13,100	127	48.6	1950.4—52.7
코 럼 비 아 Columbia	파스코, 와싱턴 Pasco, Washington	102,600	10,300	100	256	1950.6—1952.7
오 하 이 오 Ohio	썸시내리, 오하이오 Cincinnati Ohio	76,580	15,000	196	258.1	1941.10— 42.9
엘 로 우 스톤 Yellowstone	글렌다이크, 몬타나 Glendive, Montana	66,880	30,300	455	...	1929—31
부 라 조 스 Brazos	리취몬드, 텍사스 Richmond, Texas	34,800	34,800	1,000	5.2	1924—1950
리 오 그 랜 드 Rio Grand	산아카시아, 뉴멕시코 San Acacia, New Mexico	26,770	9,420	352	2.7	1947.10— 56.9
아 라 바 마 Alabama	크레이본, 아라바마 Claiborne, Alabama	22,000	2,130	97	31.9	1952.10— 60.9
포 토 맥 Potomac	마리랜드와 버지니아의 入口 Mouth, Maryland & Vic	14,600	2,500	170	11.1	...
산 조 어 큐 인 San Joaquin	버나리스, 캘리포니아 Vernalis, California	14,010	347	25	4.7	1956.10— 60.9
리 오 산 조 언 Rio San Juan	산타로살리아, 멕시코 Santa Rosalia, Mexico	12,000	5,340	445	0.3	1934—1941
데 라 웨 어 Delaware	트렌톤, 뉴저지 Trenton, Newjersey	6,780	998	147	20.1	1949.10— 57.9
사 빈 Sabine	로간스포트, 루이시애나 Logansport Louisiana	4,860	730	150	8.8	1932—1950
페 코 스 Pecos	푸에르토투루나, 뉴멕시코 Puetode Lunna, N.M.	3,970	2,720	685	0.6	1948.10— 57.9
이 엘 Eel	스코티아, 캘리포니아 Scotia, California	3,113	18,200	5,846	7.0	1957.10— 60.9
計 (支流未包含)		2,464,649	603,955	평균 245		

흘러 約 3,000哩의 거리에 있는 大西洋으로 흐른다.

아마존江은 세계에서 第一 넓은 集水流域을 가지고 있으며 또한 最大의 流量이 흐르고 있다

넓은 流域에다가, 極甚한 降雨때문에 많은 流量이 流出되어 바다로 流下하는 世界 總年流量의 11%(Oltman, 1964)~18% (Davis, 1964)를 아마존江이 차지한다.

이에 反해서 流砂量은 年間 不過 2% 밖에 流送되지 않는다.

Gibbs (1967)는 아마존江의 入口에 到達하는 浮流砂量의 82%가 Andes山과 集水域流의 高地帶에서 流送되고, 12%는 一般의인 集水流域에서 流送된다고 發表했으며 總流送土砂量 가운데 掃流砂河床土砂는 不過 6% 밖에 안된다고 발표했다.

南美洲에는 또다른 大江이 많다. 예를 들어 Orinoco江의 流量은 세계 제3위에 이른다. 그럼에도 土砂運送量은 比較的적다. (表3 참조), 그리고 Parana江은 集水面積과 流量이 모두 世界 第八位에 속하나 流砂量生成高는 相當히 낮다. 卽 平方哩當 100톤에 不過하며 南美洲 全體에 對한 代表平均값으로 平方哩當 160톤의 土砂運送量을 生成한다고 발표 했다.

<表 3>

南美洲代表河川의 浮流砂量表

順	江 名	位 置(國 名)	集水面積 (平方哩)	年平均浮流砂量		河口에서 의 流量 10 <sup>3</sup> cfs	流 砂 量 調 查 期 間
				10 <sup>3</sup> 噸	噸/平方哩		
1	아 마 존 Amazon	入口, 부라질 Mouth, Brazil	2,368,000	400,000	170	6,400	
2	파 라 나 Parna	入口, 알젠티나 Mouth, Argentina	890,000	90,000	100	526	
3	오 리 노 코 Orinoco	入口, 베네체라 Mouth, Venezuela	366,700	95,340	260	800	
4	우 루 와 이 Uruguay	콘코디아, 알젠티나 Concordia, Argentina	150,000	15,000	100	140	
5	네 그 로 Negro	프리베라, 앙가스투라, 알젠티나 Primera Angustura	36,670	1,487	405	35	1935—1965
6	가 로 니 Caroni	오리노코, 베네체라 at Orinoco Venezuela	35,000	52,500	1,500	—	
7	코 로 라 도 Colorado	피치마후이다, 알젠티나 Pichi Mahuida Argen	9,000	7,600	880	—	1938—1964
計			3,820,370	609,427	평균 160		

C. 아프리카洲

아프리카洲에서는 洲內 5大江을 基本으로하여

調查한 結果 아프리카洲의 流砂量生成高는 南美洲의 그것의 半가량에 該當되는 平方哩 當 70톤에 不過하다.

<表 4>

아프리카洲 代表河川의 浮流砂量表

順	江 名	位 置(國 名)	集水面積 (平方哩)	年平均浮流砂量		河口에서 의 平均 유량 10 <sup>3</sup> cfs	유사량조사기간
				10 <sup>3</sup> 噸	噸/平方哩		
1	콩 고 Congo	入口, 콩고 Mouth, Congo	1,550,000	71,300	46	1,400	
2	나 일 Nile	삼각주, 에집트 Delta Egypt	1,150,000	121,854	100	100	1938—1964
3	니 가 Niger	바로, 나이제리아 Baro, Nigeria	430,000	4,960	12	215	
4	티 프 Cheliff	入口, 알제리아 Mouth Algeria	8,600	3,400	395	—	16年
5	메 드 제 다 Medjerdah	入口, 튀니시아 Mouth, Tunisia	8,080	14,750	1,825	—	5年
計			3,146,680	216,264	평균 70		

예를들면 튀니시아의 Medjerdah River의 것이 높은 流砂現象이고, 알제리아에 있는 Cheliff 江이 普通의 比率이며, 나일강이 보통 낮은 편이며, Niger강과 콩고강은 현저하게 낮은 流砂量生成比率이다. (表 4참조) 아프리카는 4개의 主要한 河川이 있어 이들江은 4개가 각각 콤파스方向으로 流下하는데 나일강은 北으로, 니가江은 南으로 잠베지江은 東으로, 콩고江은 西方으로 흐르고 있다. 表에서 보면 中央아프리카에서의 流砂量生成高는 낮은편이다. 그리고 남부아프리카에서 극심한 침식이 발생하고 있음을 알고 있지만 이에대한 量의 計算에 必要한 資料는 없다.

d. 오오스트랄리아洲

濠洲의 流砂量 生成高에 對한 資料는 그리 많

지 않다. 計算發表된 結果에 依하면 Fournier(1960) 氏가 東部濠洲에서는 流域平方哩當 平均 850 톤가량이 流送된다고 發表하였고 Douglas(1937)는 이값을 疑心하고 있어 그가 東部호주와 New south wales의 Queensland주에 30個江에 對해서 調査한바로는 Fournier氏의 값이 너무 크다고 비난하였다. 그리고 그는 流域平方哩當 85톤가량이 비록 推定值이기는 하지만 平均값으로써 보다 合理的이라고 발표하였다. 濠洲는 大陸의 中央部 광막한部分이 砂漠이기도 하다 (表5參照)

e. 유럽洲

유럽洲에는 表 1에 있는 世界 16大河川에 끼 일만큼 集水面積이나 流量 및 流砂生成高가 큰 河川은 없다. 그러나 流域面積으로볼때 Caspian

<表 5> 濠洲代表河川の 浮流砂量表

江 名	位 置(國名)	集水面積 (平方哩)	年平均浮流砂量		河口에서의 平均流量 10 <sup>3</sup> cfs	流砂量조사기간
			(10 <sup>3</sup> 톤)	톤/平方哩		
호주東部30個河川	東 部 濠 洲	—	—	85	—	2년
머레이-다링 Murray Darling	入 口, 濠 洲 Mouth, Aust	414,000	35,190	—	—	—
와 이 파 오 아 Waipaoa	카나카나이아, 뉴지랜드 Kanakanaia, Nz	610	12,160	19,930	13	1960—1964
—	—	414,610	47,350	평균 115	—	—

海로 向하고 있는 Volga江이 17번째 序列에 들고 있다. 이것도 流砂量 生成高는 낮다. 다음으로 유럽주에서 두번째 가는 Danube강이 있는데 南西部독일에서 黑海로 흐르고 있다. 이것 亦是 流砂量은 낮은 편이다.

(表 6참조)

라인江은 스위스의 Lake Constance에 이룰 때에는 심한, 그리고 多量の 流砂量을 流送시키나 荷蘭의 平地에 이룰 때에는 極히 적은 量의 流砂量을 流送시키고 있을 뿐이다. 그리고

이탈리에 있는 Po Tiber 및 Arno강은 각已 比較的 相當한 流砂量을 流送시킨다. 그런데 유럽주에서는 降水가 全年을 通해서 全流域에 比較的均等하게 分布되고 또 降雨強度가 낮아 即 集中降雨가 적어 浸蝕은 그리 크지 않은 편이다. 그래서 유럽주의 강우는 柔順한 降雨로 불리고 있다.

한편 年間平均 流砂量 生成率은 以上の 資料에서 볼때 流域平方哩當 約 90톤 가량으로 計算되었다.

<表 6> 유럽洲 代表河川の 浮流砂量表

江 名	位 置(國名)	集水面積 (平方哩)	年平均浮流砂量		入口에서의 流 量 10 <sup>3</sup> cfs	流砂量調査期間
			(10 <sup>3</sup> 톤)	톤/平方哩		
볼 가 Volga	두보카, 러시아 Dubovka, Ussr	521,490	20,770	40	283	1943. 35. 38 —40
다 뉴 브 Danube	入 口, 러시아 Mouth Ussr	315,000	21,420	68	218	—

베 프 드	버크베드베프로브스크, 러시아	167,520	1,210	7	194	1938-39
Don	Verknedneprovsk USSR					
돈 (불가支流)	라즈도스카야, 러시아	146,020	5,350	37	—	1932- 40. 46. 47
Don	Razdorskaya, USSR					
우	토폴린스키, 러시아	74,790	1,760	24	—	1936-41. 47
Ural	Topolinski, USSR					
비스 추	치우, 폴란드	74,560	1,690	23	33	1946-53
Vistula	Tczew, Poland					
티	다뉴브강 헝가리	60,310	11,040	180	—	
Tisza	Danube, Hungary					
라	入口, 和蘭	56,000	50	9	78	
Rhine	Mouth, Holland					
라	레이크콘스탄스, 스위스	4,600	9,632	2,094	—	
Rhine	Lake Constance, Swit					
로 이	난테스, 불란서	46,740	467	10	30	
Loire	Nantes, France					
오	고즈도위쓰, 폴란드	42,230	147	4	—	1961-64
Oder	Gozdowics Poland					
포	폰테라거스쿠로, 이태리	20,960	16,770	800	51	1956-62
Po	Pontelaguscuro, Italy					
세	파리, 불란서	17,140	1,220	71	—	1865이전
Seine	Paris Fr.					
티	로마, 이태리	6,390	6,420	1,005	—	1933-46, 49-63
Tiber	Rome, Italy					
드	칸데제, 알바니아	4,770	16,220	3,400	—	1960-63
Drin	CanDeje, Albania					
가	토로우스, 불란서	3,850	2,760	715	24	1839-46
Caronne	Toulouse, France					
인	레이사하, 西獨	3,767	3,515	933	—	1953-1960
Inn	Reisach, W, Germany					
아	산기오반니 아라베나, 이태리	3,160	2,430	770	—	1936-42, 54-64
Arno	San Giovinia alla vena, Italy					
세	우라쿠쾨트, 알바니아	2,040	24,190	11,844	—	1961-63
Seriani	Urae Kucit, Albania					
씨	기아렛타, 시씨리	707	3,960	5,605	—	1936-42, 57-63
Simento	Giarretta, Sicily					
	計	1,357,357	121,938	평균 90	—	

## f. 아시아제

세계에서 第一 큰 大陸이 아시아이며 또한 全世界의 大部分의 流砂量을 바다로 流送시키고 있다 (表 참조)

1953년에 發刊된 유엔 出版物 The Sediment Problem에 依하면 中國의 黃河에서 每年 바다로 流送시키는 流砂量은  $2 \times 10^9$ 톤에 달하고 있다. 그런데 이의 主要한 源泉은 中國의 中央에서부터 누린흙 물이 흘러내리기 때문이다.

黃河의 南方部에 있는 楊子江은 西部에서 東部로 流下하며 비록 楊子江의 集水流域이 黃河의 그것보다 相當히 넓지만 流送土砂量의 크기로 보면 4位에 지나지 않는다. 黃河의 支流인 Lo江과 Ching江도 世界的으로 볼때 이와 同一한

集水流域을 가진 江이나 이 보다 큰江에 比하여 3倍以上의 流砂量을 流送시키고 있음이 밝혀졌다 (平方哩當 20,000톤) 한편 黃河의 흐름은 두 개로 40%가 流砂量이 된다고 Todd씨와 Eliassen씨가 1938년에 報告한바가 있는데 이는 400,000 p.p.m Bengal 에 해당되는 것이다.

黃河는 세계에서 第一 많은 流砂量을 流送시키고 있다. 그리고 印度의 간지스江은 世界 第2位の 크기로 流砂量을 流送시키며 每年 Bengal 만으로  $1.5 \times 10^9$ 톤 이상의 流砂量을 流送시키고 있다.

간지스江은 히마라야山脈의 南東部에서 發端하여 대략 그 山脈의 頂上에 平行하면서 이山の 南쪽으로 흐른다. 그래서 流出은 이 高山脈의

주로 南部에서 부터 始作하여 간지스江으로 流入하고있다. 이 地域은 高山의 울퉁불퉁한 地形의 條件과 몬슨의 계절관계로 因하여 甚한 浸蝕을 發生하고 있다. 그리고 世界에서 제일 많은 年降雨量과 가장 甚한 폭우가 있는 지역은 마라야山脈의 기슭이다.

例를 들면, 印度의 Khasi Hills 있는 Cherapunji에서 1841年 8月 1個月동안에 241吋(6,121mm)의 강우량 1日 40.8吋(1,036mm)의 降雨가 降下한 때가 있었다. 한편 暹라폰지에서의 年平均降雨量은 426吋(10,820mm)가 된다. (1941年 美國 農務省發表) 그리고 간지스江의 한 支流인 Kosi江은 홀로 年間平均 1.9億톤의 流砂量을 流送시킨다.

Bramaputra 江은 티벳트의 히마라야山脈의 北端에서 發端하여 東方으로 흐르고, 또한 대략 山의 流向에 平行하게 흐르며 간지스江과 함께 三角洲를 形成하면서 孟加拉灣으로 流下한다.

以上の 간지스와 브라마푸트라두江이 世界에서 流砂量 生成高로서 2,3位에 속한다. 그리고 西部파키스탄에 있는 인다스江도 브라마푸트라

江의 流砂量과 거의 비슷한 流砂量을 流送시킨다.

表1에서 보면 年間流砂量이 10<sup>8</sup>톤以上인 16大江中 11개江이 南亞細亞에 所在하고 있다.

南아시아가 全世界를 通하여 大洋으로 流砂量을 流送시키는 流砂供給源인 것만은 틀림없는 事實이다.

한편 北아시아를 形成하는 시베리아와 몽고등지에 대해서는 流砂量資料가 至極히 貧弱하다. 그러나 集水面積으로보아 世界大江中 4개의 江이 北아시아에 所在해 있다. 西에서 東으로 볼 때 이들江은 Ob, Yenisei Lena江을 들수 있으며 이들은 北으로 흘러 北極海로 流下하며 Amur江만은 東으로 흘러 太平洋으로 流下한다.

北아시아地方의 流砂量問題에 對한 資料는 1952年에 Lopatin의 보고서가 있는데 朝鮮의 年平均浸蝕量은 0.027mm 인데 이 값은 1,000年當 1.06吋(27mm) 또는 年間 平方哩當 200톤에 해당한다. 그리고 아시아洲로부터 바다로 流送되는 年間平均流砂量은 平方哩當 1530톤에 해당한다 (閉塞盆地 및 沙漠은 除外)

<表 7>

아시아洲 代表河川의 浮流砂量表

順	江 名	位 置(國 名)	集水面積 (平方哩)	年平均浮流砂量		入口에서의 流 量 10 <sup>3</sup> cfs	流 砂 量 調 查 期 間
				10 <sup>3</sup> 톤	톤/平方哩		
1	예 니 세 이 Yehis	이가카, 蘇비에트 Igark USSR	954,200	11,600	12	614	1942, 43
2	오 브 Ob	세이리카드, 蘇비에트 Saleh kard USSR	945,300	15,700	17	441	1938—44
3	간 지 스 Ganges	三角洲, 東部파키스탄 Delta E.P.	409,200	1600,000	4,000	498	1874—1879
4	楊 子 Yangtze	치키양, 中國 Chikiang, China	395,650	552,000	1,400	770	
5	인 다 스 Indus	코트리, 西部 파키스탄 Kotadagh Pakistan	370,000	481,000	1,300	239	1902—25
6	인 다 스 Indaus	카라바하, 西部파키스탄 Katabagh, Pak.	117,700	751,000	6,370		
7	黃 河 Yellow	셴시엔, 中國 Shenhsien, China	276,000	2083,000	7,545	53	1934—42
8	브라마푸트라 BramaPutra	三角洲, 東部 Delta, E.P.	216,000	800,000	3,700	706	
9	메 콩 Mekong	막다함, 태국 Makdaham, Thai.	151,000	187,000	1,240	530	
10	이 라 와 디 Irrawaddy	프롬, 버마 Prome, Burma	141,700	331,000	2,340	479	
11	펄웨스·트 Pearl·Wet	우초우, 中國 Wuchow, China	120,800	30,800	250	277	



12	마하나디 Mahanadi	나라즈, 인도 Naraj, India	51,000	67,800	1,330	101	
13	유프라테스 Euphrates	타브카, 시리아 Tabga Syria	46,570	4,750	100	51	1962-64
14	레드 Red	하노이, 북베트남 Hanoi, North VietNam	46,300	143,000	3,080	138	
15	차오피야 ChaoPhya	나콘사완, 태국 Nakorn Sawan, Thai	41,100	12,490	300	—	1955-63
16	카불 Kabul	노우셰라, 西部파키스탄 Now Shera, W.P.	34,880	26,000	745	24	1961-62
17	티그리스 Tigris	바그다드, 이라크 Bagdad, Iraq	30,800	57,600	1,870	51	1918, 1919
18	코시 Kosi	차트라, 印度 Chatra, India	23,800	190,000	7,980	64	
19	칭 Ching	창치야산, 中國 Changchiashan, China	22,000	450,000	20,500	2	1932-45
20	체나브 Chenab	알렉산드리아 교량, 西部 파키스탄 Alexandria, W.P.	12,560	55,000	4,380	—	1961-1962
21	로오 Lo	추안투우, 中國 Chuantou, China	10,400	210,000	20,200	—	1934-45
22	다모다 Damodar	론디아, 인도 Rhondia, India	7,680	31,300	4,050	11	
23	이시카리 Ishikari	에베스츄, 日本 Edestu, Japan	4,900	1,926	393		1960
24	토네 Tone	마스도, 日本 Matsudo, Japan	4,630	3,160	778	—	1951
		計	4212,830	6414,576	평균1530		

#### IV. 結論

既往의 記錄으로 推定한 全世界六大洲에 對한 流砂量 生成高의 現況을 表 8에 表示하였다. 本表를 分析해보면 아프리카, 유역, 및 大洋洲는 流砂量 生成率이 大端히 낮은 結果가 나타났으며, 이 값은 각각 平方哩當 70, 90, 115톤이 된다.

그리고 南아메리카洲 亦是 낮은 便으로 平方哩當 160톤의 計算이 나왔고, 北美洲는 比較的 높은 便으로 平方哩當 245톤의 計算이 나왔고, 아시아洲가 世界六大洲中에서 그 生成率이 제일 높은 平方哩當 1,530톤의 流砂生成率을 나타내고 있다.

그리고 表 9는 以上の 資料를 根據로해서 外插點畫하여 大洋으로 流下하는 總流砂量 生成高를 計算하였다. 한편 大洋으로 流下할 總集水面積을 利用하여 이 面積에 計算된 年間平均流砂量을 乘하여 全世界의 總流砂量으로  $20.2 \times 10^9$ 톤을 計算하였다.

이상 이들 結果로보면 總流砂量中 80%가 아

시아洲에서 生成 된다는 結論이 나오는데 集水面積은 全世界의 1/4 即 25%인데 流砂量 生成率은 80%라는 엄청난 數字가 나온다.

本數值  $20.2 \times 10^9$ 톤으로 計算한 美農務省 土壤保全局 J.N. HOLEMAN씨와 다른 分析者들이 計算한 값을 다음 表 10에 表示하였다.  $20.2 \times 10^9$ 톤의 流砂量을 알아보기 쉽게 하기 위하여 무게 보다 容積으로 表示해 보면 美國의 貯水池 沈澱量 調査로부터 貯水池內에 推積된 沈澱物의 容積—重量 (Volume-weight)은 平均 60pounde/f 또는 1300t one/ac.ft로 計算되고 있다. 이러한 計算 근거를 기준으로하면 每年 大洋에 流下되는 流砂量은 길이로 計算해서 佛蘭西, 벨기, 和蘭, 룩셈부르크 스위스, 그리고 폴투갈에 해당되는 面積을 1inch (2.54cm)의 진흙두께로 덮을 수 있는 土量이 되는 셈이다.

이들 流砂量 生成高에 對한 觀測結果로써의 重要한 事實은 每年 土壤物質의 어느程度 小量이 移動流失되고 있다는 事實이다.

土聯農業土木研究所에서 1965년부터 現在까지 約 四年間에 걸쳐 京畿道 二東地方과 水原 呂川

池 및 이의 流域에서 實際 試料의 採取 및 分析과 貯水池 內容積調査에 依한 結果值를 보면 貯水池의 경우, 內容積의 損失이 當初 容積에 對하여 年間 0.25%内外로, 年間 0.4~0.5吋의 內容積損失이 있음이 밝혀졌으며 流域의 浸蝕率은 年降雨의 分布, 降雨強度, 其他 地被物狀態등 조건에 따라서 每年 다소 다른값을 나타내기는 하나 年間 流域表土深으로 0.5~1.0mm의 表土流失이 있음이 밝혀졌다.

한편 前述한바도 있거니와 韓國의 境遇도 마찬가지로 流送土砂의 發生현상은 강우강도, 강

우량 및 계절적인 영향을 많이 받음이 나타났다. 더욱이 우리나라의 境遇는 雨期인 5.7.8. 個月中에 年降雨의 60%内外가 集中的으로 降下하는 例를 늘 볼수있어 이 洪水期의 被害는 자못 방대하여 사라호 태풍이 물고잔 1959년의 洪水被害는 무려 165억餘원이 었다. 하니 그 얼마나 水害의 莫大함을 認識할수 있으며, 이로 因한表土의 流失과 流送土砂量의 被害는 어찌할것인가 모두가 土木技術者들에 게는 重大한 使命의 하나가 된다.

<表 8>

大洋에 流下하는 大江의 年間流砂量(支流除外)

大 陸	集水流域 (平方哩)	年平均浮流砂量	
		1,000톤	톤/平方哩
北 아 메 리 카	2,464,649	603,955	245
南 아 메 리 카	3,820,370	609,427	160
아 프 리 카	3,146,680	216,264	70
오오스트렐리아	414,610	47,350	115
유 럽	1,357,357	121,938	90
아 시 아	4,212,830	6,414,576	1,530
計	15,416,496	8,013,510	平均 520톤 /平方哩

<表 9>

總流砂量(外挿圖點畫에 依據)

大 陸	大洋에 流下하 는 總集水流域 (平方哩)	年間浮流砂量	
		톤/平方哩	10 <sup>9</sup> 톤
北 아 메 리 카	8,000,000	245	1.96
南 아 메 리 카	7,500,000	160	1.20
아 프 리 카	7,700,000	70	0.54
오오스트렐리아	2,000,000	115	0.23
유 럽	3,600,000	90	0.32
아 시 아	10,400,000	1,530	15.91
計	39,200,000		20.16

∴ 年間大洋에 流入되는 總浮流砂量은 約 200억톤이 다.

<表 10>

研究者別 年間總流砂量의 比較表

研 究 者	年 度	浸蝕 또는 流砂量	
		각 종 단 위	10 <sup>9</sup> 톤
Fournier	1960	51.1×10 <sup>9</sup> 톤 (metui)	64
Kuennen	1950	32.5×10 <sup>12</sup> kg	35.8
Gilluly	1955	12×kra <sup>3</sup>	35
Pechinov	1959	0.09mm/年	26.7
Schumm	1963	0.25呎1,000年	22.6
Holerman	1968	20.16×10 <sup>9</sup> 톤	20.2
Lopatin	1952	12.695×10 <sup>9</sup> 톤 (metui)	14.0

∴ 集水面積은 1,500 平方哩以下이고 年間우호우량은 40 (1,016mm) 以下 기초를둔.

참 조 문 헌

1. Water resources research Vol. 4. No.4 1968. 8.
2. A study an sediment deposit in the reservoir Koean Agricultural Engineering Society Vol. 10 No 1. 1968. 5.6.

3. Hydrohegical research report bor the pilot prtoject. (E--Dongs Suwon) Agricultural Engineering Researah Center, IILIA, 1968 10 (unpublished)
4. 윤사량 조사와 計算技術指導書 59號 1967.12 七 聯農業土木研究所