

남부 칼리만탄 습지개발에 대한 수문분석

- 인도네시아 수문 용역을 마치고 -

徐 榮 濟

1. 서 론

유역의 상류부나 중류부에서 발원한 여러하천들은 하구에 인접하면서 삼각주나 저습지를 만나게 된다. 유역의 지형적인 특성에 따라 인도네시아 수마트라섬의 동부, 그리고 갈리만탄(Kalimantan)섬의 서남부에는 하구나 만을 중심으로 습지가 많이 발달해 있다. 하구로부터 조석의 영향을 받는 하천구간은 하상표고 및 조위의 높낮이에 따라 구분되지만 습지가 광활하게 조성된 내륙에서는 그 영향범위가 대단히 크다. 하구부근의 지형들은 대부분이 조석의 영향을 많이 받고 있으며 이와같은 저습지 유역에서 발원한 소하천들은 외수위의 높고 낮음에 따라 때론 사행하면서 대하천과 합류되거나 혹은 직접 바다로 흘러 들어 가기도 한다.

인도네시아에는 약 90여개 대하천이 있으며 금회 습지개발구역과 관련된 Barito강도 남부 칼리만탄주에 위치한 유역면적이 약 61,000km²인 대하천이다. Barito강 유역내의 하천은 다시 개략적으로 크게 7개의 유역으로 나눌수 있으며 S. Barito, S. Kapuas, S. Murung, S. Martapura, S. Riam Kanan, S. Riam 그리고 S. Negara등이 그것이다. Alalak강도 Barito강의 소지류로서 유역면적이 945.8km²이며 Jejangkit사업지구가 이 하천과 인접하고 있다. 금회 주어진 과업은 상기에서 언급된 Barito강과 인접한 Tamban, Jelapat 습지개발지구와 Alalak강과 연결된 Jejangkit 3개지구에 대한 수문분석 업무이다. (Fig.1, Fig.2, & Fig.3 참고)

2. 분석내용

인도네시아 남부 Kalimantan주의 습지개발사업(Swamp Development Project)에 따른 전체 개발면적은 15,500ha이며 이중 Tamban지구가 9,000ha, Jelapat지구가 3,800ha 그리고 Jejangkit지구가 2,700ha 이다. 파견기간 동안 수문분석한 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 수문 및 기상자료를 수집하고 분석.
- 조석의 조화 분석.
- Alalak강의 홍수량 산정.
- 개발예정지구와 관련된 하천의 홍수위 추정을 위한 하천모델링.
- 습지내지구별 침수분석을 위한 홍수유출량 산정.
- 생활용수 및 수문관측 네트워크 구상

3. 분석 방법

- 생활용수의 수질을 파악하기 위한 하천수의 수질조사.
- 습지개발지구와 인접한 하천의 시간별 홍수위를 결정하기 위하여 하천모델링을 통한 부정류해석.
- 지구내 침수분석을 위한 홍수량은 수리학적 방법의 일종인 운동파(Kinematic Wave)유출해석 방법을 이용함.
- 홍수시 조석의 영향이 미치지 않는 Alalak강의 Alalak Padang지점에서 SCS 방법으로 빈도별 수문곡선을 유도함.
- 수문관측소의 네트워크 구상은 WMO 기준에 의거 평가.

4. 수문기상자료

- Banjarbaru에 있는 기상관측소와 Syamsudin Noor에 있는 공항관측소의 자료를 수집하여 분석함.
- 3일 연속강우는 1974년 까지 Riam Kanan 사업보고서에서 발취하고 그 이후는 상기 관측소에서 수집함. (1일, 2일, 3일 연속 최대강우 분석)
- 월별 기상자료로서는 온도, 상대습도, 강우량, 증발량, 일별 평균속도 및 일조시간등을 수집 분석함.

5. 수 위 자 료

자동수위기록(Automatic Water Level Recorder)자료가 Barito와 Alalak강의 수위관측소에서 각각 수집되었으며 분석에 이용된 자료는 Barito강의 BAR1, BAR2수위관측소 그리고 Alalak강에서는 Alalak Padang수위관측 지점이다. BAR1과 BAR2에서 수집된 기간은 1981-1985년간의 한정된 자료로서 결측치가 많았으며 Alalak Padang의 자료는 1979-1991년 까지 수집되었으나 2년간 결측되었다.

6. 조 화 분 석

Barito강은 하구에서 약 150Km 까지 조석의 영향을 받고 있다. 조석의 특성을 규명하기 위하여 상기에서 선정된 BAR1, BAR2관측소의 자료를 이용하여 조화분석을 실시하였고 특히 우기때의 고수위를 고려하여 1981년 1월의 자료를 이용하였다.

7. Alalak강의 설계홍수량 산정

일반적으로 홍수량 계산은 실측된 강우-유출량 자료를 이용하여 강우-유출모형을 구축한 후에 설계강우량으로부터 설계홍수량을 계산할 수 있다. Tamban과 Jelapat지구는 큰 하천인 Barito강에 인접해 있으며 조석의 영향을 받고 있다. 따라서 Barito강의 빈도별 홍수량 산정은 불가능 하므로 홍수위 추적만 실시하였다. Jejangkit지구가 인접한 Alalak강 또한 조석의 영향이 상류부 Alalak Padang지점까지 미치고 있으나 우기시에는 거의 조석의 영향을 받지 않는 것을 동지점에서 관측된 자기수위계의 기록으로 알수 있었다. 그러나 동지점에서 강우-유출을 모형화할 수위-유량(H-Q)관측 자료가 전혀 없는 관계로 인위적인 합성 단위도법의 일종인 HEC-1의 SCS방법으로 홍수량을 산정하였다.

Table 1. 빈도별 홍수량(Alalak Padang지점)

빈도별	10	20	50	100	비고
첨두홍수량	387.6	441.8	517.5	573.5	단위: CMS

8. 하천모델링을 통한 홍수위 추정

습지개발지구에 대한 배수나 침수분석을 위하여 관련된 하천의 시간별 홍수위 변화를 추정하여야 한다. 분석방법은 미기상국에서 개발한 DWOPER모형을 이용하여 시간별 홍수위를 추정하였다. 적용된 구간은 Barito강의 BAR1지점에서 BAR2지점까지 그리고 Alalak강은 Barito강 합류점부터 상류부 Alalak Padang지점까지이다. Alalak강의 하천단면자료는 현지에서 구할수 없어 용역기간중 현지용역단으로 하여금 측량을 실시하여 그 성과를 이용하였다.

9. 습지개발지구내 홍수량 계산

침수분석을 위한 습지개발지구내 홍수량 계산은 10년빈도 3일 연속강우량을 사용하였다. 3개지구 공히 산지가 전혀 없는 평탄한 지구이고 계절별로 하천의 홍수위 및 조위의 영향을 받고 있는 실정이다. 지표유출량의 계산은 비교적 평탄한 지표면에서 적용범위가 넓은 수리학적 홍수추정 방법의 일종인 운동파 해석방법(Kinematic Wave Method)을 이용하였다. 시간별 강우분포는 인근의 Negara유역에서 유도된 물부(Japanese)공식의 계수를 적용하였다.

10. 생활용수

생활용수 또한 습지개발 대상지구내 거주하는 주민들에게 있어서 매우 중요한 사항이다. 현지주민들의 청문조사에 의하면 3개지구중 가장 바다와 가까운 곳에 위치한 Tamban지구가 생활용수 확보에 대하여 심각한 환경에 처해 있다. 그것은 다름아닌 염수침입 문제이다. 하구와 가장 먼 거리에 있는 Jejangkit지구의 주민들은 그들의 생활용수를 주배수로에서 취수하여 간단한 화학첨가제와 침전법을 이용하여 정수하여 사용하고 있다. 그러나 Tamban과 Jelapat지구는 우기때는 Barito강의 유출량이 많아서 상기 방법으로 생활용수의 이용이 가능하나 건기로 접어들면서 염수침입이 많아지게 된다. 이때가 되면 주배수로의 수리현상은 성층으로 이루어져 바닥에는 염분농도가 높아지고 상층부에만 담수가 흐르게 된다. 주민들은 배수로에서 이들 상층부의 담수만 취수하는 지혜로 현재까지 생활해 오고 있다. 그러나 일부 부유층의 사람은 양질의 생활용수를 얻기 위하여 주택의 지붕에 강우를 직접 받아 이용할수 있는 강우집수기구(Rainwater catchment structures)를 설치하기도 하고 때론 Banjarbaru에서 천연수 AQUA를 정기적으로 주문해서 음료수용으로 이용하고 있다.

11. 수 질

조사기간중 하천 및 습지내 관개용수 또는 생활용수에 대한 수질조사 자료는 전혀 수집할 수 없었다. 습지개발지구내 주민들은 그들의 생활용수(음료수용)를 대부분 주배수로에서 취수하고 있음으로 항시 수질에 대한 검사가 요망되고 있다. 그러나 그들의 오랜관습으로 의하여 항시 배수로의 표층수를 취수하여 간단한 화학물 처리요법으로 이용하고 있는 실정이다.

12. 수문관측망(Hydrometric Network)

수문 및 수자원 관리에 따른 모든 분석은 직접 또는 간접적으로 사용가능한 자료와 밀접한 관계가 있으며 또한 현존하는 수문분석 기법과 새로운 기술에 응용하기 위해서도 양질의 수문관측자료가 필수적이다. 따라서 효율적인 설계, 최소한의 경비로 구성할 수 있는 수문관측망이 매우 중요하다. 최소한의 관측소수를 결정하기 위해서는 여러가지 자연적인 조건을 고려하지 않으면 안된다. 따라서 관측망의 밀도는 다음과 같은 지형형태별로 나누어 정할 수 있다.

(a) 온대, 지중해, 그리고 열대지역의 평지.

(b) 상기와 같은 지역의 산지.

(c) 사막과 극지역.

상기 지역중 (a)와 (b) 지역은 인구밀도 또는 통신망의 수준에 따라 밀도를 달리할 필요가 없을 경우 함께 묶어도 상관 없다.

Table 2. Negara강 유역의 수문관측망 밀도

관측소	면적(km ²)	관측소수	밀도(km ² /관측수)	비 고
수 위	11,000	44	250	
강 우	11,000	72	153	

LOCATION OF SWAMP AREAS IN INDONESIA

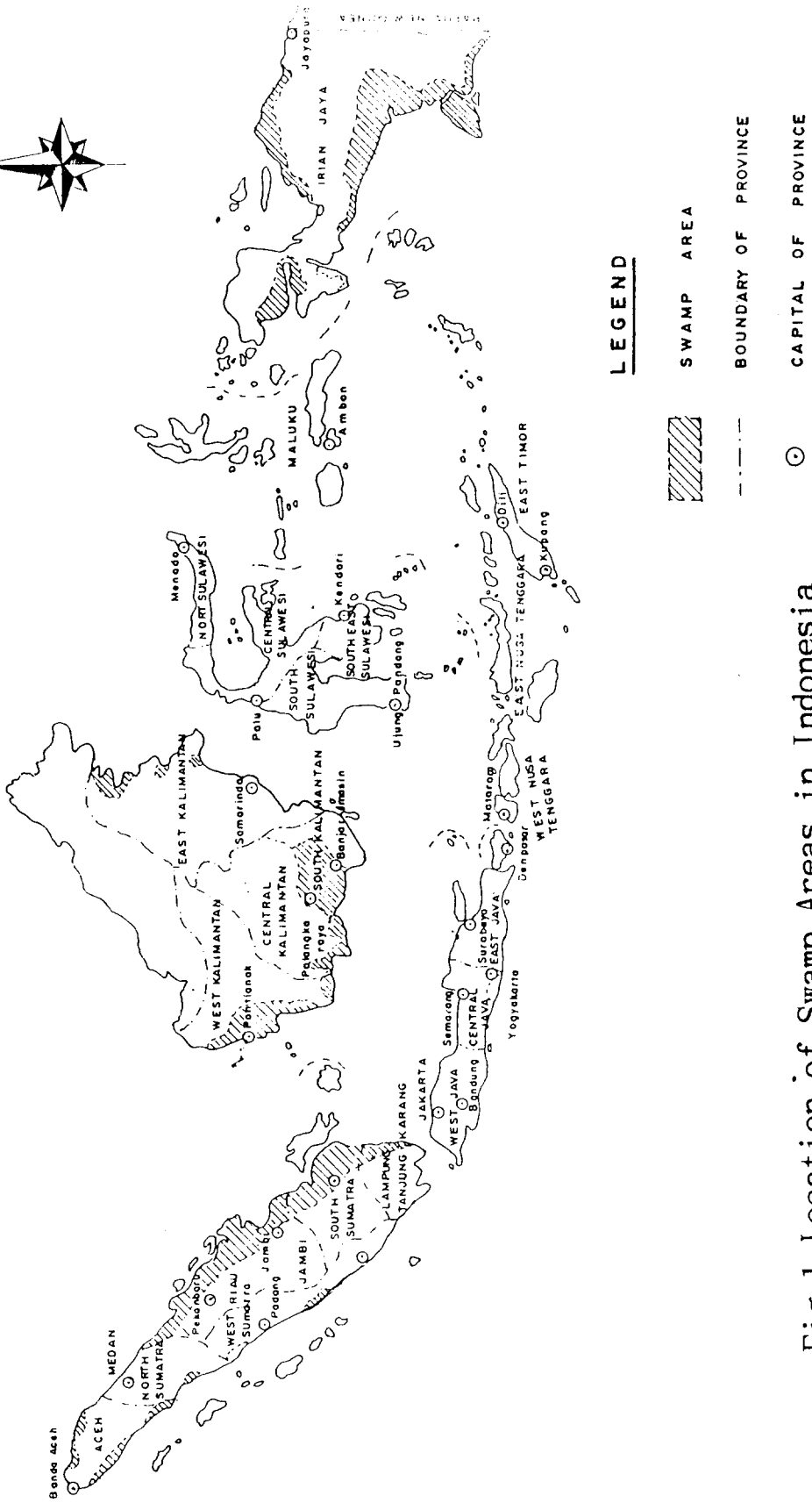
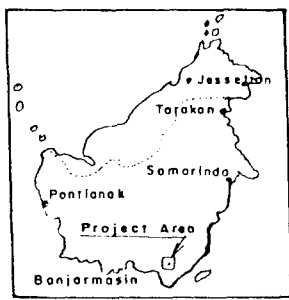


Fig.1 Location of Swamp Areas in Indonesia

LOCATION OF SWAMP DEVELOPMENT PROJECT



**CENTRAL
KALIMANTAN**

KUALA KAPUAS

KAP. 2

KAP. 1

JAVA SEA

KAPUAS RIVER

ANJIR SERAPAT

JELAPAT SCHEME

ANJIR TAMBAN SCHEME

BARITO RIVER

BAR. 2

NEW TIDAL GAUGE

BANJARMASIN

BAR. 1

**SOUTH
KALIMANTAN**

MARABAHAN

BARITO RIVER

NEW TIDAL GAUGE

BANJARMASIN

MARTAPURA

ANJIR MARABAHAN

BAR. 4

BAR. 3

JEJANGKIT SCHEME

ALALAK PADANG

ALALAK RIVER

LEGEND

- x— BDRY OF PROVINCE
- CANAL
- RIVER
- ROAD
- ▨ PROJECT AREA
- ⊙ CAPITAL OF DISTRICT
- ▼ TIDAL GAUGE

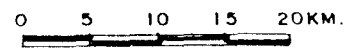


Fig. 3 Location of Swamp Development Project

