

전자계산기를 활용한 금강 평택지구의 유출량에 관한 수문학적 고찰

Hydrological Approach on the Discharge in Kumgang-Pyongtaek
project by using Computer Simulation Theory

* 김재곤 · 장강길 · 김철희

(Jae Kon Kim · Kang Kil Chang · Chull Hoi Kim)

1. 서 론

우리는 수시로 변화되는 자연과 급속도로 발전하는 과학문명속에서 움직이고 있는 것이다. 이에 뒤지면 퇴보되는 것이며 앞서면 발전하는 길이 될 것이다.

따라서 문명의 이기를 최대한 활용하여 제반현상에 적용 내지는 정복하고 발전하는 현실의 문제점을 분석 검토하여 합리적이고 기술경제적인면으로 이끌어 가야 할 하는 것도 주어진 우리의 과업인 것이다.

금번 정부에서 추진하고 있는 금강, 평택지구 다목적 농업용수 개발사업은 한국사에 최초이며 최대 규모인 것이며 나아가 선진제국에 한국기술의 본보기를 주는 사업인 것으로 이 사업을 수행함에 있어 제반 기초 자료의 분석처리에 많은 고충이 있는 것이다. 그 중에서도 수문자료의 처리는 한국적인 여건에 맞는 수문학적 연구 완성된 처리과정이 정리되어 있지 않아 더욱 문제가 되었으나 그동안 꾸준히 연구 발전하여 온 농업진흥공사 특정사업부 기술진과 이 사업을 협조하는 TAHAL-DPU, 콘설탄트 도움으로 가장 합리적이고 새로운 획기적인 방법으로 개발한 전자계산기 활용에 따른 프로그램 과정을 소개함으로써 이 분야에 종사하는 기술자들과 연구분야에 기여 하시는분들께 자료와 지침을 주어 참고가 되었으면 더한 기쁨이 없겠다.

특히 이 새로운 기술적 분석처리에 관심을 가지시고 한국농업기술진흥을 위해 처음부터 끝까지 후援 지도하여 주신 농업진흥공사 임영춘 이사님과

* 農振公, 特定事業部

TAHAL-DPU 수문기술자 Mr. F. Mero에게 감사로 드리는 바입니다.

2. 개 요

진위천, 안정천, 하류양단과 아산만 양단에 위치하고 있는 1,621.3km²의 유역과 대소 수개의 지류를 모아 선상형으로 아산만에 유입하는 유로연장 76.2km를 가진 평택지구와 유역면적 9,462km²와 금강하구까지 약 401km의 유로연장을 가진 금강지구의 수문처리과정에서 수년전 설치된 몇개의 기상 관측소와 수위관측소에서 얻은 다양성 있는 수문분석 및 검토한 자료를 기초로 Agro-hydro-meteorological water balance 프로그램을 개발하여 송실대학 IBM 1130 전자계산기를 이용 모든 자료가 처리됨으로써 강우량으로부터 연속적인 일별유출량을 파악히 추정한 것이다.

과거 오랫동안 우리는 임의 유역에 유출량을 산출하기 위하여 수위표를 설치한 관측소에서 수위관측 및 유량 측정을 실시하여 수위대 유량곡선을 작성함으로써 일반유량을 수위에 의하여 추정하였으나 본 사업에서는 종래 방식과는 달리 전자계산기의 시산(SIMULATION)에 의하여 처리한 것이다.

대기와 육지 또는 바다와의 사이에서 수분의 순환이 연속적으로 진행되고 있는 과정을 "수문주기"라고 할때 이 주기는 서로 밀접한 관계가 있는 INPUT-STORAGE- OUTPUT 으로 표시할수가 있는데 이 INPUT 으로서 강우에서 시작하여 수문주기의 과정에서 수분의 손실 즉 증발이 발생한 이후

량의 수분은 외적인 영향이 없으면 연속적으로 여러 형태의 STORAGE로 모여서 각 특성에 따라 새로운 주기가 시작하는 대기권으로 돌아가기 이전에 인간을 위하여 사용되거나 또는 하천유량, 용출수 등을 포함하여 수문학적 과정의 OUTPUT인 지표수로써 나타나게 된다.

3. 처리내용

3-1 강우량(positive Input)

강우 측정은 지점별로는 측정이 이루어지고 있으나 한 지점의 강우량이 전유역내에 동일한 분포로 영향을 줄 수는 없는 것이다. 따라서 일별 물 수지 균형(water-balance)을 계산하기 위하여는 일별강우가 전유역에 어떠한 상태로 분포되는가를 알아내는 것이 매우 중요하다.

수문계산을 하기 위하여 Input으로 강우량을 사용시는 원칙적으로 지점 강우량을 유역강우량으로 환산하여 적용해야 할 것이다. 이것은 많은 시간을 요함으로 지점강우량을 직접 채택하여 사용하되 전유역을 관측소가 지배할 수 있는 소유역으로 나누어 문제를 해결할 수 있다. 고로 금강유역의 경우 유역내에 3개소의 장기간 기록치가 있는 관측소가 있고 유역과 매우 인접하여 있는 이리 관측소를 합하여 4개의 강우관측소를 이용하여 유역을 4개소의 유역으로 구분하였다. 그러나 우리나라에는 장기간의 관측치가 있는 관측소라도 결측부분이 있어 연속적인 유출량을 계산할 수 없으므로 이 부분을 보완하기 위하여 강우특성 즉 연속적인 다우해와 한발해(wet year & Dry year)가 몇년만에 주기적으로 변화 하는지를 찾기 위하여 다음 두가지 방법으로 분석하였다.

a. 5년씩 연속평균(5 year running Average)

b. 년평균 강우량에 대한 누적편차

이 분석결과는 1932/3~1968년까지의 평형된 다우해와 한발해를 나타내는 실제기간을 알수있게 제시하고 있다.

결측 자료의 보충은 "난수와 통계원리"(Randomised statistical principle)에 의하여 이루어 졌다.

여러 관측소에서 관측된 일별 강우발생은 IBM 1130전자 계산기에 의해서 처리된 표준통계학적 평균을 사용하여 월별로 상호관련 시켜서 표준편차, 곡선계수, 상관계수들이 각 관측소에서 관측된 강우 발생 사이에 양호한 상관계수를 결정하여 상관계수가 가장 높은 관측소의 강우를 토대로 하였으며,

이들 관측소 사이에 강우 현상은 유사한 분포를 갖고 있다고 추정해서 난수(Random)를 적용하여 결측 강우를 보충 하였다. 이와같은 방법에 의하여 얻어진 값들은 서로 동일한 빈도 발생을 갖고있다고 보았다.

여기서 결측 강우 추정에 이용한 식을 소개하면 다음과 같다.

$$Y = AX + B + C \times RN \times \sigma$$

Y: 일별 결측강우치

X: 기본관측소의 관측치

RN: 전자계산기에서 만들어지는 난수표(Random Number)

σ : 표준 편차

C: 장기간 기록을 보유하고 있는 관측소의 일별 강우 발생비와 동일한 관측소의 동일 월에 평균 강우량에 따라 변하는 값 즉 x_i/x_{base}

$$x_i/x_{base} \leq 1.0 \text{ 이면 } c=0.5$$

$$1.0 < x_i/x_{base} \leq 1.5 \text{ 이면 } c=1.0$$

$$1.5 < x_i/x_{base} \leq 2.0 \text{ 이면 } c=1.5$$

$$x_i/x_{base} > 2.0 \text{ 이면 } c=2.0$$

이 방법에 의해서 일별 강우량 계산은 일차함수식에 의하여 채택한 직선을 사용하여 동시 발생하는 값을 일반적으로 자연 현상과 같다고 보았고 반드시 비례한다고 간주하였다.

3-2 증발량(Negative input)

증발하는 상태는 두가지 조건으로 나누어 고려할 수 있다.

첫째는 기상 조건을 이용하여 임의의 공식에 삽입해서 계산되는 증발하는 힘 즉 증발가능성(potential evaporation)

둘째는 자유수면으로부터 증발하는것과 작물에 의해서 증발하는것, 토양수분이 증발하는것 등이 있다.

그러나 전자는 이상적인 가능성 있는 증발을 의미하지만 후자는 실제 증발하는 것임으로 정확한 측정은 어렵지만 임의의 상태에서 증발량 측정은 가능한 것이다. 또 실제 증발량은 자연 환경과 측정 기구형태 사이에 오차 조정이 매우 어렵다. 그러므로 A-pan 증발기를 사용하여 측정된 증발량을 많은 연구에서 얻어진 경험을 통하여 조정 함으로써 자유수면의 증발량으로 대체함이 적당하다.

그러나 본 사업지구에는 A-pan 증발기에 의한 증발량 측정치가 거의 없으므로 A-pan 증발량 사용은 불가능 하였다. 그 대신에 수년간의 계기 증발량 측정 기록치가 있으므로 이를 표면의 상태에

표 1. 결측강우 보충을 위한 일강우 통계분석표

STATISTICAL ANALYSIS OF DAILY RAINFALL DATA

단기 관측소: 수원

장기 관측소: 청주

계산일자: 1970. 4. 20

보충 전

| 일 | 관측일수 | 평균 강우 | | 1 차 식 | | 표준 편 차 | | 표준오차 | 상관계수 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|
| | | 장기관측 | 단기관측 | 계 수 | 상 수 | 장기관측 | 단기관측 | | |
| 1 | 1,023 | 0.75 | 0.67 | 0.985 | 0.091 | 3.011 | 2.698 | 1.868 | 0.777 ○ |
| 2 | 933 | 0.90 | 0.79 | 0.950 | 0.154 | 3.044 | 2.893 | 1.969 | 0.732 ○ |
| 3 | 992 | 1.92 | 1.98 | 1.196 | 0.237 | 5.898 | 7.057 | 4.646 | 0.752 ○ |
| 4 | 96 | 2.81 | 2.86 | 1.129 | 0.580 | 8.614 | 9.726 | 6.784 | 0.716 ○ |
| 5 | 1,023 | 2.55 | 2.54 | 0.993 | 0.633 | 8.704 | 8.648 | 5.725 | 0.749 ○ |
| 6 | 960 | 6.19 | 3.23 | 0.936 | 2.331 | 17.203 | 16.113 | 13.994 | 0.495 ○ |
| 7 | 1,023 | 9.24 | 11.55 | 1.156 | 6.892 | 21.964 | 25.403 | 22.884 | 0.434 ○ |
| 8 | 1,023 | 6.97 | 7.60 | 1.005 | 4.027 | 19.698 | 19.799 | 17.067 | 0.506 ○ |
| 9 | 990 | 5.52 | 5.38 | 1.046 | 1.670 | 16.299 | 17.050 | 13.098 | 0.640 ○ |
| 10 | 1,023 | 1.70 | 1.73 | 0.933 | 0.940 | 6.344 | 5.920 | 5.181 | 0.483 ○ |
| 11 | 960 | 1.35 | 1.51 | 1.032 | 0.731 | 4.398 | 4.541 | 3.805 | 0.545 ○ |
| 12 | 992 | 0.81 | 0.95 | 1.202 | 0.389 | 2.847 | 3.425 | 2.825 | 0.565 ○ |

보충 후

| | | | | | | | | | |
|----|-------|------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 1 | 1,178 | 0.79 | 0.72 | 0.962 | 0.094 | 3.103 | 2.987 | 1.755 | 0.809 × |
| 2 | 1,074 | 0.95 | 0.82 | 0.894 | 0.153 | 3.263 | 2.918 | 1.856 | 0.771 × |
| 3 | 1,147 | 1.86 | 1.94 | 1.190 | 0.255 | 5.692 | 6.777 | 4.421 | 0.757 × |
| 4 | 1,110 | 2.65 | 2.70 | 1.127 | 0.560 | 8.172 | 9.126 | 6.447 | 0.714 × |
| 5 | 1,178 | 2.64 | 2.62 | 0.979 | 0.637 | 8.670 | 8.489 | 5.461 | 0.765 × |
| 6 | 1,110 | 5.98 | 5.03 | 0.928 | 2.183 | 16.481 | 15.302 | 13.180 | 0.508 × |
| 7 | 1,178 | 9.01 | 10.93 | 1.131 | 6.127 | 21.632 | 24.477 | 21.620 | 0.468 × |
| 8 | 1178 | 6.79 | 7.35 | 0.995 | 3.697 | 19.146 | 16.146 | 0.537 | 1140 × |
| 9 | 5.26 | 5.19 | 1.042 | 1.638 | 15.541 | 16.201 | 12.389 | 0.644 | 1178 × |
| 10 | 1,178 | 2.71 | 1.67 | 0.884 | 0.589 | 6.441 | 5.606 | 4.863 | 0.520 × |
| 11 | 110 | 1.37 | 1.47 | 1.006 | 0.673 | 4.335 | 4.362 | 3.600 | 0.564 × |
| 12 | 1,147 | 0.88 | 0.97 | 1.133 | 0.371 | 2.947 | 3.341 | 2.712 | 0.584 × |

주: ○는 보충전의 상관계수이고 ×는 보충후의 상관계수임

따라 증발을 자동으로 전자계산기 내에서 변화시키면서 조정 하였다.

즉 계기 증발량은 충분한 수분이 표면에서 얇은 수막(여기서는 Interception storage "U"라고 칭함)의 형태로 존재할 때 발생하는 증발과 같다고 가정 하였다. 이 수막이 없어질 때 토양수분함량 (soil moisture storage)내에 함유하는 유효수분에 비례하여 감소한다. 또한 계기 증발량은 일강우 (P)가 15mm 인 날에도 역시 감소한다.

즉 다음 3가지 경우로 구분하여 증발상태를 변화시켰다.

- (1) $0 < u < u_{sat}$, $P = 0$ 일때 $E_a = E_p$
- (2) $u = 0$, $p = 0$ 일때 $E_a = E_p(L/L_{sat})^{0.5}$
- (3) $u = u_{sat}$, $p = 15mm$
 $E_a = E_p(1.0 - (p - 15)/p)$

여기서

- E_a : Daily actual evaporation
- E_p : Daily potential evaporation
- U : 수막
- U_{sat} : 최대수막
- L : 유효수분
- L_{sta} : 최대 토양수분
- P : 강우량

이론적인 증발량과 관측한 계기 증발량을 비교 채택하기 위하여 기상 자료를 근거로한 증발량은 Hargraves*에 의하여 제안된 공식을 사용하여 계산 하였다.

$$\begin{aligned} \text{즉 } E_p &= 17.4dT(1.0 - H_n) \text{ mm/month} \\ &= 0.725dT(1.0 - H_n) \text{ mm/day} \end{aligned}$$

d : 1일 주간 12시간(평균)에 대한 월별 평균시간의 비

T : 월별 평균기온

H_n : 정오의 월별 평균 상대습도

이와 같이 계산된 증발량과 계기 증발량과를 비교

표 2 금강지구에 적용된 계기 증발량 (단위 : mm)

| 월별 순별 | 월별 | | | | | | | | | | | |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 초 순 | 11 | 11 | 15 | 37 | 60 | 73 | 68 | 63 | 47 | 35 | 25 | 17 |
| 중 순 | 10 | 12 | 22 | 42 | 69 | 70 | 66 | 61 | 42 | 34 | 23 | 13 |
| 하 순 | 10 | 14 | 33 | 51 | 75 | 69 | 64 | 58 | 37 | 30 | 21 | 13 |

(*) Consumptive use derived from evaporation pan data-PROC ASCE, March 1968.

해 보면 두 증발량 사이에 경향을 알 수 있다. 계산된 증발량은 여름에 더 높고 겨울에는 더 낮다.

즉 Hargraves 식은 평균기온은 +10°C 이상일 때만 적용이 가능하다. 그래서 계기증발량을 적절히 조정하여 표-2를 본사업 지구 유출량 계산에서 손실로 적용하였으며 적용한 증발량은 위에서 기술한 조건에 따라 조정 되었다.

3-3 저류지(storage)

수문학적 주기에서 강우가 발생하면 지표수로 나타날때 까지 물은 잠시 자연적 표면수나 복류수 또는 지하수로써 저류된다. 저류지 형태는 유역의 지질과 지형구조에 의해서 결정되고 표면 유출과 지하수의 집수면 적도 역시 동시에 이들에 의해서 결정된다. 즉 효과적인 유역 분포상태는 다음에 의해서 결정 한다.

- 1) 표면 유출의 경우는 지형 지세 토양의 구조에 따라 다르고
- 2) 용출수, 기저유량, 지하수는 암석, 투수층과 불투수층의 연속, 기타지질, 지하구조에 따라 변한다.

대부분의 유역은 표면유출층, 복류층, 취수면적등이 서로 중복되어 있지는 않다.

다음 설명되는 사항들이 계획된 일별수분 기상학적 물수지 균형 계산 Daily hydro-meteorological water balance Computation)을 고려할 때 여러 저류지들의 정의이며 유출량은 이들 기능을 토대로 하여 전자계산기내에서 연속계산이 이루어 졌다. 유출량의 이론적 원리는 그림-1과 같다.

가. 수 막 (u)

강우발생 이후 수분의 분포형태에 개념은 매우 복잡하다. 수막은 장해물들 즉 습윤한 표면상태, 식물, 구조물등에 의해서 강하게 나타난다. 그러나 수막을 정할수 있는 함수(Interception function)를 결정할 수 있는 일반적인 규칙은 없다.

많은 연구와 분석과 조사가 있어야만 식물이나 산림이 표면유출에 미치는 영향 등을 알아 낼수 있다. 그러나 이와같은 분석은 되어있지 않음으로 강우와 일별 유량도 분석에서 유도하여 추정할 수 밖에 없다.

추정하는 한 방법으로써는 이 저류지가 완전히 포화된 이후에만 유출이 시작되고 삼투도 시작한다고 볼수 있다. 즉 과잉 강우는 이 저류지가 포화된 이후 유출이 시작될 수 있는 강우량을 의미한다.

나. 표면저류와 침투

이 단계에서는 두가지의 자연 현상이 발생 하게

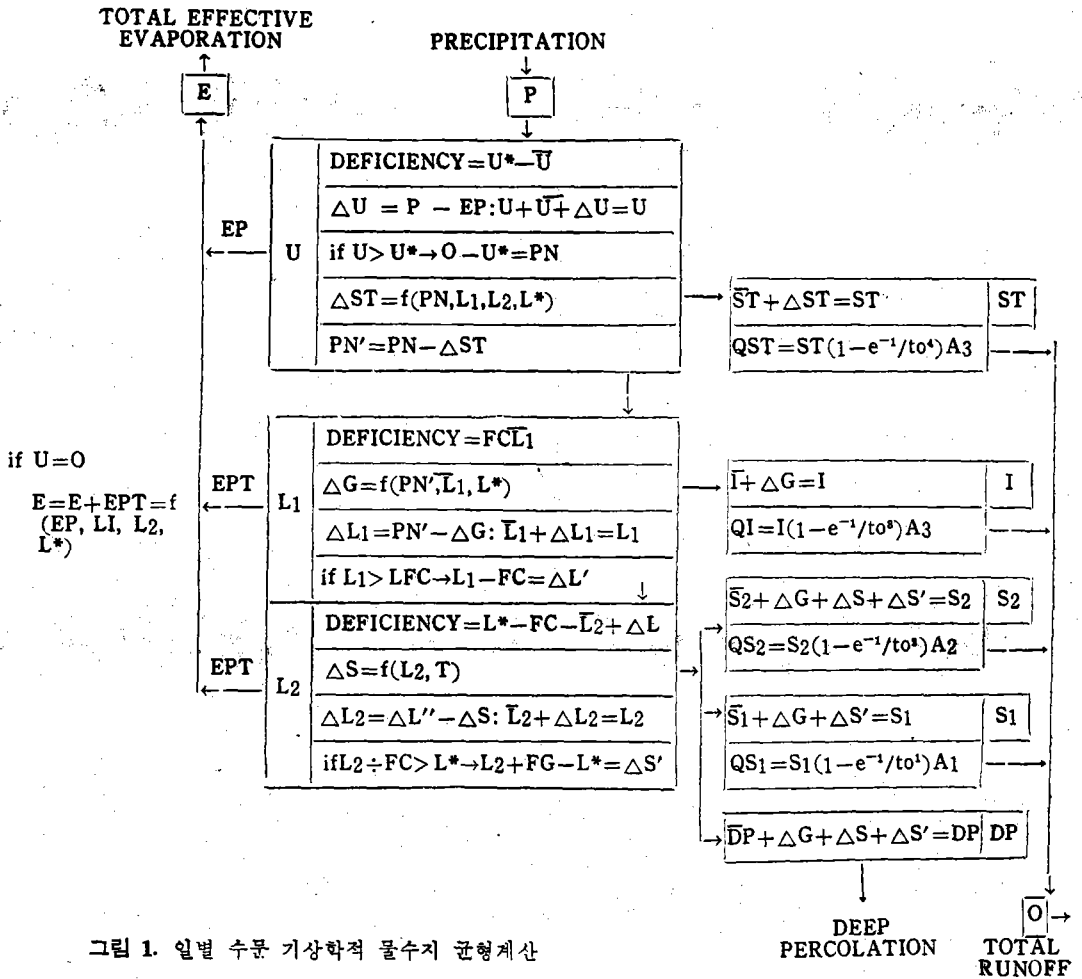


그림 1. 일별 수문 기상학적 물수지 균형계산

LEGEND

- U = Interception storage
- U* = Max. interception storage
- WP = Wilting point = L1 min.
- L1 = Soil storage between WP and FC
- FC = Field capacity = L1 max.
- L2 = Soil storage between FC and L*
- L* = Max soil storage capacity
- ST = Stormflow storage
- QST = Daily average storm runoff discharge rate
- I = Interflow storage
- to type of aquifer)
- A = Contributing area
- T = Time delay function
- to = Depletion time
- X = Data at ent of previous day
- ΔX = Daily addition to X
- G = Ground water in storage
- E = Total effective evaporation
- EP = Potential evaporation
- EPT = Evapotranspiration
- PN = Net residual rainfall at various intermediate stages of computation
- SN = Springflow storage (N=index)referring

된다. 즉 과잉 강우의 일부는 표면유출을 유발 시키고 나머지는 지하로 침투되기 시작한다. 그러나 지하로 침투되는 것은 다시 복잡한 과정을 거치게 되며 이 침투량 관계시에는 연속적이고 균등하게 일정한 기간 동안에 발생한다고 가정하여 공급로 특 되어 있다. 그러나 사실 침투량은 토양의 수분 상태, 토양의 하부층, 흡입능력 등에 큰 영향을 받는다. 그래서 지하로 침투되는 상태는 다시 구분하여서 고려 하였다.

자연상태에서 고려할때 침투되는 양이 공급되는 양 이하로 내려갈때는 그 잔량은 홍수를 유발시켜 강 또는 개울로 모이게 된다.

토양의 수분상태 변화와 홍수유발의 변화 상태에서 유출량과 강우량을 비교 조사 하면 수막과 증발량을 손실로 가정하여 다음과 같이 침투량을 계산 할수 있을 것이다.

$$f_i = PNi - ST_i$$

f_i : i 시간 동안에 침투량

PN_i : i 시간 동안의 순강우량($P - \Delta U$)

ST_i : i 시간 동안에 유발한 표면유출

다. 유효수분과 삼투

침투량은 통과하는 토양층의 수분상태에 따라 변한다. 간단한 목적으로 토양수분함유(L)는 2가지로 구분할 수 있다. 표토와 지하수위 이상 또는 불투수층 이상의 층이 여러가지 형태의 저류지로서 형성된다. 이 층이 완전히 건조되었을 때 침투는 그 층을 완전히 습하도록 채워준다. 그러나 토양 수분의 임의의 한계점에 도달할 때 까지는 깊은 삼투(Deeper percolation)는 발생하지 않는다. 즉 이것을 포장용수라고 한다. 현 상태에서는 깊은 삼투가 발생하기 이전의 토양수분 한계로써 포장용수를 정의 할 수 있다.

한편 깊은 삼투가 서서히 발생하기 시작할 때 강우가 발생하면 표면에서 혼합 유출이 발생한다.

우기에는 사실상 항상 포장용수가 포함되어 있다.

고 볼수 있으며 깊은 삼투는 토양수분저류지($L_s = L - FC$, ⊕의 경우에만)로부터 발생하기 시작한다.

즉 이때 L_s 저류지로부터 최초 유출이 서서히 시작하고 이로 인하여 갈수기를 지연 시킬수도 있다.

라. 지하수(Ground Water)

지하수는 표면유출이 충분한 지역에서는 문제가 되지 않고 있지만 특히 건조한 지방의 물문제를 해결하기 위해서는 인위적으로 지하수를 표면수로 전환 시킨다. 그러므로 여기서는 지표수에 대하여 논하고 있으므로 지하수 부분은 논하지 않는다.

3-4 소 유역의 조정

금강의 전 유역을 5개의 소 유역으로 구분하고 이 소유역들은 각 저류지의 기능을 근거로 하여 강우량과 유출량을 분석하여 지질-수문학적 유역(Geo-Hydrological basin)면에서 대별하여 3개의 잔류지(Retaining storage)로 구분하였다.

1) 불투수층, 모래 또는 유사한층(Main aquiferous formation)

2) 1과 같으나 작은층 또는 Thim aquiferous(secondary aquiferous formation)

3) 반투수층

subsoil 층의 주요 3가지 형태는 각 하천의 독특한 유량도에서 알수 있는 아주 명백한 특성을 갖고 있다.

Slowly Depletion base 나 또는 갈수량 (Dry weather flow)은 실제로 "1"과 "2"층에 의해서 발생되고 반면에 반투수층의 표토층은 주로 홍수를 유발시키고 Rapid depletion 을 보준다.

하천유역에서 지질-수문상태에 대하여 금강 유역내에서는 조사된 것이 거의없으므로 실제 조정은 오직 유량 자료분석을 근거로 판측유량과 계산유량이 서로 접근 될때까지 시산하였다.

최종 계산에 사용한 각 소유역 면적과 모든 변수는 표-3과 같다.

표 3 금 강 지 구 유 출 변 수

| 유역명 | 석화 | 용담 | 육천 | 공주 | 봉정 | 합정 |
|---------------------------------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|
| Rainfall index station code | 1 | 19 | 2 | 3 | 4 | 19 |
| Total drainage are (SQkm) | 1572.000 | 931.000 | 2087.000 | 2537.000 | 1315.000 | 217.000 |
| Main groundwater catchm. (SQkm) | 112.000 | 180.000 | 280.000 | 480.000 | 80.000 | 44.000 |
| Sec. Croundwater catchm. (SQkm) | 400.000 | 191.000 | 290.000 | 307.000 | 250.000 | 33.000 |
| Equiv. Semiperv. Area (SQkm) | 1060.000 | 560.000 | 1517.000 | 1800.000 | 985.000 | 140.000 |
| Excess area (SQkm) | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |

| * Depletion Characteristics(days), soil-water and runoff parameters. | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Main groundwater formations | 300.000 | 500.000 | 550.000 | 650.000 | 450.000 | 350.000 |
| Secnd groundwater formations | 30.000 | 25.000 | 30.000 | 45.000 | 35.000 | 40.000 |
| Hypodermic flow formations | 4.000 | 4.000 | 7.000 | 7.000 | 8.000 | 4.000 |
| Surface flow formations | 0.300 | 0.300 | 0.300 | 0.400 | 0.400 | 0.100 |
| Rain intercept. Depth (mm) | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 | 10.000 |
| Equivfield capacity (mm) | 65.000 | 65.000 | 62.000 | 62.000 | 67.000 | 62.000 |
| Equiv. soil-saturation (mm) | 150.000 | 155.000 | 155.000 | 180.000 | 185.000 | 160.000 |
| Groundwater delay (days) | 10.000 | 12.000 | 12.000 | 15.000 | 10.000 | 17.000 |
| Groundwater release coef. | 0.500 | 0.500 | 0.350 | 0.200 | 0.200 | 0.300 |
| Storm runoff threshold 1 (mm) | 7.000 | 5.000 | 5.000 | 7.000 | 8.000 | 4.000 |
| Storm runoff threshold 2 (mm) | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 1.450 |
| Storm runoff regulating coef. | 1.400 | 1.400 | 1.400 | 1.300 | 1.450 | 5.000 |
| Innitial base-flow 1 (cms) | 2.500 | 6.500 | 6.000 | 4.000 | 2.000 | 0.800 |
| Innitial base-flow 2 (cms) | 0.300 | 0.350 | 0.500 | 0.350 | 1.000 | 2.000 |
| Storm delay factors | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 2.000 | 1.000 | 450.000 |
| * Upstream diversion with or without reservoir on tributary | | | | | | |
| Catchm area of reser. (SQkm) | 450.000 | 80.000 | 50.000 | 600.000 | 300.000 | 0.000 |
| Max. storage capacity (mcm) | 30.000 | 5.500 | 5.500 | 21.000 | 11.000 | 0.000 |
| vol/area Coef. | 1.000 | 0.500 | 0.500 | 0.7000 | 0.700 | 0.700 |
| vol/area Coef. (Exponent) | 0.630 | 0.630 | 0.630 | 0.30 | 0.630 | 0.000 |
| ** 금강지구 양수장 현황 | | | | | | |
| 봉정 양수장 양수량 : 10.64m ³ /sec(군산 하구로부터 52.0Km지점) | | | | | | |
| 강경 양수장 양수량 : 17.84m ³ /sec(군산 하구로부터 43.0Km지점) | | | | | | |
| 수도작에 피해를 주는 한계 염분의 1일 최대 이동거리 : 1.1Km | | | | | | |
| 조석량 : 4000m ³ /sec | | | | | | |
| 염분의 영향이 미치는 최대거리 : 55Km(하구로부터) | | | | | | |
| 한계 염분이 정지할 수 있는 상류의 유입량 : 60.0m ³ /sec | | | | | | |

3-5 소비수량

Blaney-Cridle 식을 사용한 염수면 증발량을 1955 ~ 1968년 사이의 모든 값을 평균하여 이 값에 삼투량을 가산한 값을 채택 하였다. (그림 2참조)

왜냐하면 순별 염수면 증발량은 해마다, 값의 차이와 정확도는 강우량을 고려치 않을 경우 매우 근사하기 때문이다. 그리고 관개방법은 논에서 일정한 수심을 결정하여 이 담수심은 염수면증발량과 삼투량에 의해서 변하고 담수심을 초과하는 과잉강우량은 방류된다고 가정하여 AGRML 프로그램 중 자동으로 모든 조건에 따라 일별 물 수지 균형계산

이 되고 이 값은 유출량에 영향을 주도록 되어있다 즉 금강상류에는 많은 수리 안전담이 있으므로 본 유출량 계산에서는 이들 담에서 유효할 수 있는 유효우량을 고려하였다.

관개기간에 논의 담수심을 전 관개기관을 통하여 일정하다고 가정했고 비관개 기간에는 담수심이 없는 것으로 가정하여 관개기에 담수심을 다음식으로써 변화시켰고 유출량은 이 식에 영향을 받았다.

$$STOC(i) = STOC(i-1) - CUSE(i) + P(i)$$

여기서

STOC(i) : 주어진날의 논에 수심(mm)

STOC(i-1) : 전날의 논에 수심(mm)

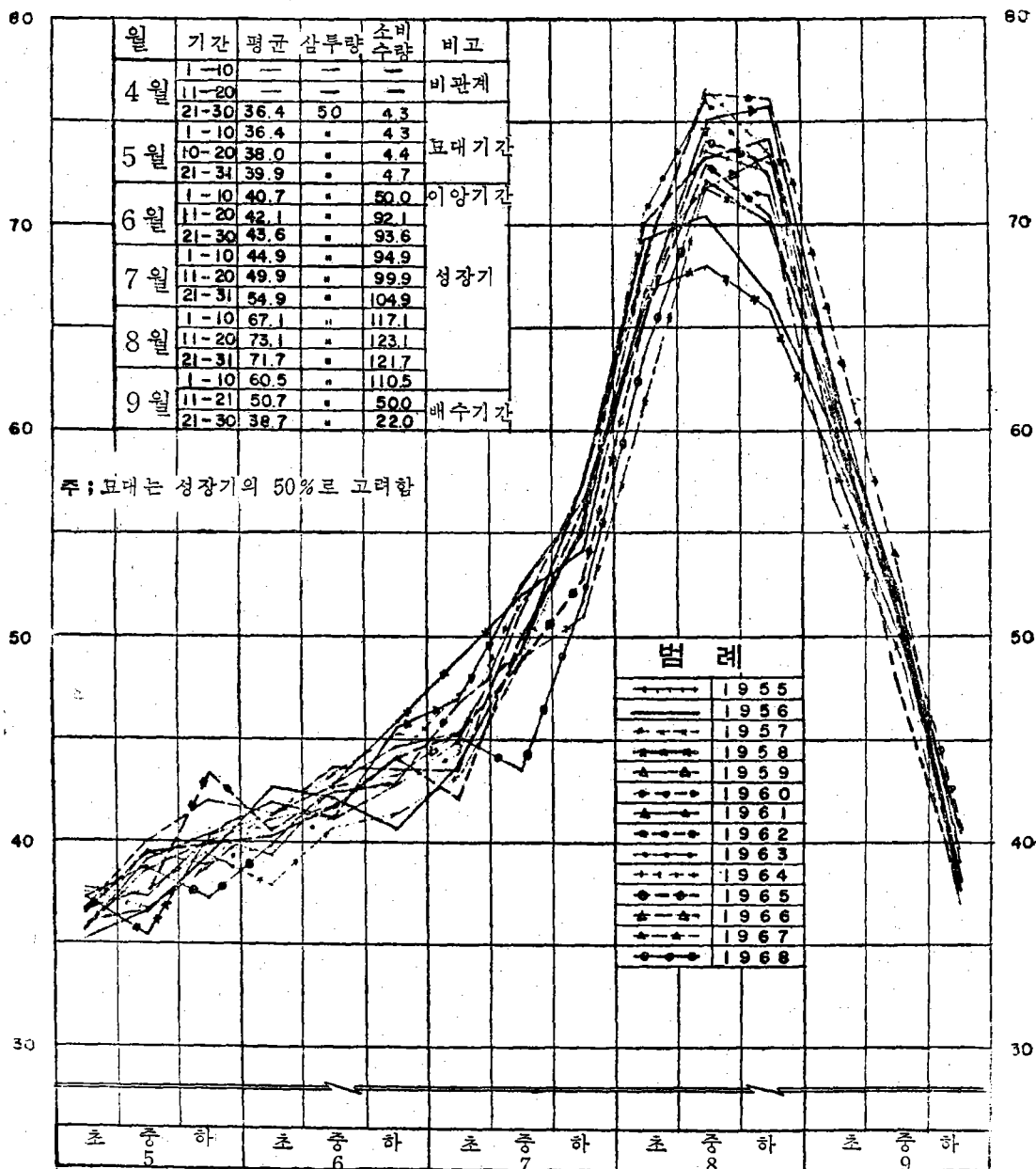


그림 2. 금강지구 년도별 소비수량

유량 분석도

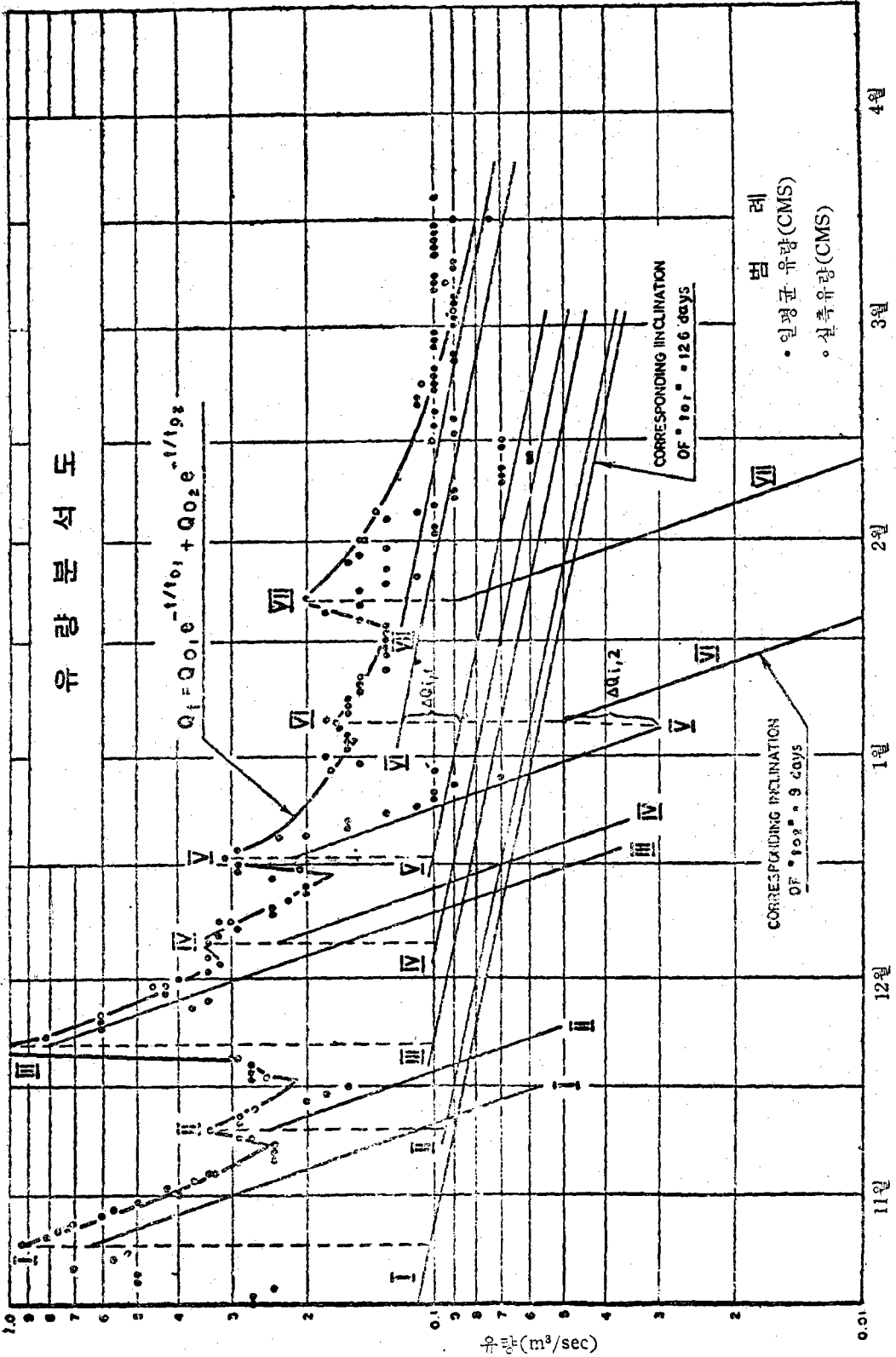


그림 3. 유량 분석도

CUSE(i) : 주어진날의 소비수량(mm)

P(i) : 주어진날의 강수량(mm)

만약 STOC(i)가 60mm를 초과하면(담수심을 60 mm로 가정 하였음)

OFL(i)=STOC(i)-60mm(방류 시킨다)

DIV(i)=0

또한 만약 STOC(i)가 60mm 이하이면

DIV(i)=CUSE(i)+(60-STOC(i)/CYCLE

여기서

DIV(i) : 주어진 날의 필요한 관개수량(mm)

CYCLE : 관개주기, 동일면적에서 두 관개 사이의 일수

논에서 하천으로 환원되는 환원수는 논에 수심의 함수에 따라 계산된다. 잉여 수량은 직접 강으로 다시 돌아 온다고 가정하고 [깊은 삼투는 지하수위를 증가시키고 Slowly depletion flow의 형태로 강으로 돌아온다고 가정했다. 이와같은 원리를 본사업 지구와 상류에 위치하고 있는 기설 관개 면적에 대하여 적용하였다.

그러나 실측자료에 의한 일별 유량도와 계산한 일별 유량도를 서로 비교하여 보면 실측 유량이 관개 기간중 급작히 떨어지는 것을 발견할 수 있을 것이다. 이것은 실측지점으로 부터 가까운거리에서 직접양수하여 물리지구에 관개 함으로써 발생하는 것으로써 이에 대한 조정은 불가능하므로 현재로서는 조정을 하지 못하였다.

3-6 일별 유량계산(A.GRML)

금강 전 유역을 강우 관측소의 영역을 중심으로 하여 4개로 구분 되었고 각 소유역은 지질-수문학 적면에서 각 저류지 별로 세분 하였으며 저류지에서 방류되는 시간을 추정하여 일별 유량 계산을 하였다. 저류지에서 방류되는 시간 t는 그림-3과 같이 실측 유량도에 직접 접선을 그어 유량도가 평평하게 지속되는 부분으로부터 추정하여 얻을수있다 일별 유량을 계산하기 위한 시산(Sinwlation)의 주요 요소는 다음과 같다.

1) "수문주기"의 물리학적 원리를 근거로한 일별 Hydro-meteorological water balance (즉 강우형태로서 대기수분량과 "Inter-ception storage", "Soil storage", "Surface runoff storage or detention", "Ground water storage"와 같은 여러가지 저류지 사이의 강우분포)

2) 본래 "물의 방류"는 여러가지 저류지에 저류되고 이것은 유역으로부터 자연 유출량과 같이 혼합으로 나타난다.

가. 주 Aquifer unit로부터 순수한 기저 유량

나. Small aquifer unit로부터 순수한 기저 유량

다. 반투수 표토로부터 순수한 유량도에서 각 층수의 발달과 같이 나타나는 혼합유입량 또는 하천 제방을 따라 누적된 slow release of water 등등.

라. 표면유출이나 과잉우량이 지표면과 논에서 방류로써 순수한 유출로 누적되어 결국 조그만 개울로 들어 오는 것이 주하천으로 모인다.

이와같이 Depleting 될 때 총 유입량은 다음과 같이 표기할 수 있다.

$$\sum_{j=1}^n Q_i, j = \sum_{j=1}^n Q(i-1) * EXP(-1 / t_0, j)$$

여기서

$$\sum_{j=1}^n Q_i, j = \text{유출요소 "j" 형태의 합계}$$

즉 연속된 기간중 "i"일 동안에 총유량

$$\sum_{j=1}^n Q(i-1), j = \text{상기와 같은 것으로 전날의 값임.}$$

t_{0, j} = Q(i-1)이 일정할 때 "j"유출요소의

Depletion time

EXP=자연대수

3) 소유역의 유출을 저해하는 부분인 소유역 상류부에 저수지 운영계획과 저수지 유역의 주요 특성은 방해물이 나타나는 소유역의 특성과 비례한다고 가정한다.

4) 상류에서 일별 필요수량 공급 과정은 수도작 관개에 대하여만 채택하였다.

이와같은 조건하에서 계산된 유출량과 실측유량의 일별유량도를 비교해 보면 그림-4와 같다.

4. 결 론

상기 제반요인 분석과정을 전자계산기의 Simulation 방법에 의하여 처리하는 것이 보다 합리적이다.

모든 일별유출량의 결과는 전일의 지하수위, 기상조건, 지표면의 상태에 큰 영향을 받고있다.

전자계산기에 의한 일별유출량의 정확성은 실측자료의 정확도와 비례하고 있으므로 실측치는 계속해서 합리적인 방법으로 조사해야 할 것이며 본 유출량계산에 이용된 프로그램은 실자측료의 분석과 보완에 이용함이 좋겠다.

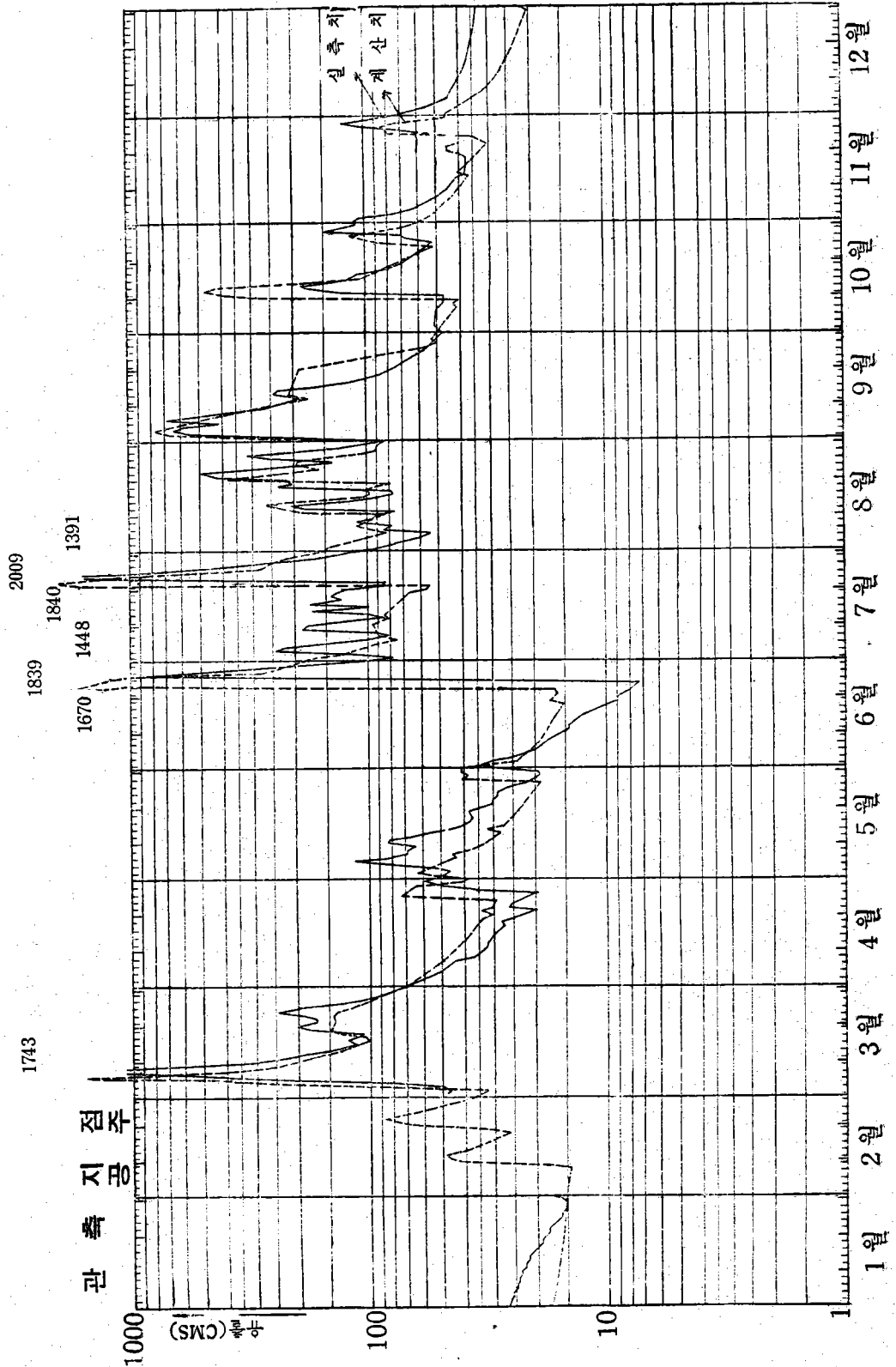


그림 4. 관측 수량도 (1966년)