

大夕張ダム流域の DAD 特性と洪水比流量について

秋 野 隆 英*

On the Specific Discharge of Flood and DAD Characteristic on the Oyubari Dam Basin.

Takahide AKINO

要 旨

本研究は従来経験的にしか理解されていなかった洪水比流量曲線について、流域の DAD 特性と流出特性すなわち洪水到達時間とにより、合理的な基礎を与えると同時に、大夕張ダム流域における DAD 特性を用いて、北海道の洪水比流量曲線を定め、その適合性について検討した。

Synopsis

This is the report on the curve of the specific flood discharge which was only experientially realized in the past. Rational basis is added to this curve using DAD characteristic and the concentration time of flood.

According to DAD analysis on the Oyubari dam basin, the curves of specific flood discharge are estimated and the adaptability of these curves is investigated.

1. ま え が き

近年全国各地で大水害をもたらした集中豪雨の発生は、必ずしも特定流域に限らず気象・地形条件の類似するかなり広範囲の地域のどこかに起きており、その地点に着目すると記録的な豪雨となっている。北海道においても、本年8月3日から6日にかけて、前線と台風による記録的な豪雨があり、さらに半月後の8月24、25日に台風による大雨があり、これらによる洪水で著しい自然災害がひき起された。したがって、これらの降雨から河川の洪水量を推定することは重要なことである。

従来河川およびダムにおける洪水量推定法の一つとして Creager 曲線がある。しかしこの曲線は主として米国の大河川において経験的に求められたものであって、わが国のような河川に適用するには問題があり、とくに中小河川流域では過大な値を示している。

最近流域における豪雨の時・空間的集中特性と

流出特性を用いて、洪水比流量を推定する方法が研究されている¹⁾。筆者らは北海道の3つの流域を選定して、これらの流域について DAD 特性を調べ^{2,3,4)}、洪水到達時間とにより北海道の洪水比流量について検討している⁵⁾。

全国ダム地域別比流量図によると、北海道のダムの包絡基準点として、大夕張ダムの比流量値を採用しており、この基準点を通るように平行移動して洪水比流量曲線を決定している。このため本報では、この流域を対象として DAD 解析を試み、その特性を調べるとともに、北海道のダムの洪水比流量曲線を推定しようとするものである。

2. 流域の概要と降雨資料の選定

大夕張ダム流域は石狩川支川、夕張川の上流に位置し、この流域の最下流端に大夕張ダムが築造され、流域面積 433 km²で、標高は平地の約 400 m から夕張岳 1,668 m にわたっている。シュウパロ川沿いに市街地があるが、ほとんどが山地である。1975 年 8 月 23、24 日の大雨により既往最大比流量値 (3.35 m³/sec/km²) が観測されている。従っ

* 助教授 土木工学科

て降雨資料は、この年を含めた1959～1978年の20年間について、年最大日雨量が生じていると考えられる日を定め、これら一連の降雨について、流域内10地点、流域外12地点の毎正時時間降雨資料を用いた。しかし観測地点が中断したり、欠測があるなど、各年の実際の観測点はかなり減少している。この流域と雨量観測地点をFig.1に示す。



Fig. 1. Oyubari dam basin and stations of rainfall.

3. D A D 解析

3-1 DA 解析

Fig. 1に示すように流域を4ブロックに分割し、各年の年最大日雨量資料より一雨ごとに同時性を考慮し、各継続時間(1, 2, 4, 8, 12および24時間)の最大時間雨量をティーセン法により、ブロックごとの面積雨量を求めた。またこれらの結果から継続時間ごとに面積雨量の大きいと思われる年度をそれぞれ3ヶ年選び、これらの雨量についても、等雨量線法を用いて各ブロックの面積雨量を求めた。

大小順連結法により、各ブロックの面積雨量を順次連結しながら流域面積を拡大し、選定面積100, 200, 300および433 km²に対する流域平均雨量を内挿的に求めた。

3-1-1 ティーセン法によるDA解析

各年度の選定面積に対する流域平均雨量を継続時間ごとに求め、Table 1に示す。これらを大きい順に並びかえ、対数確率紙にトーマス法でプロットするとFig.2になる。観測年数が短い、一応確率の分布が認められる。つぎに継続時間ごと

に、第1位における流域平均雨量(P)と最大地点雨量(P₀)との比P/P₀の値と面積、第1, 2位および第1～3位の値に対するP/P₀の平均値と面積との関係をFig. 3に示す。第1位のP/P₀の値は一雨の特性が強く現われており、また継続時間との関係も明りょうではない。第1, 2位および第1～3位の値に対するP/P₀の平均値では、徐々に継続時間ごとにほぼ点が並びはじめる。このため以後の解析では第1～3位の値に対するP/P₀の平均値を用いた。

このP/P₀値を(1)式のHorton式にあてはめ係数αおよびβを推定した。

$$P/P_0 = \exp(-\alpha A^\beta) \quad \dots\dots\dots(1)$$

さらに各継続時間の実測値と推定値との差を誤差Fで評価した。

$$F = \frac{1}{N} \sum \frac{|P_i - P_i'|}{P_i} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots(2)$$

ここに、P_i: 実測値、P_i[']: 推定値、N: データ数。

これらをTable 2に示す。全資料による誤差は1.97%である。

つぎに降雨継続時間により各係数が異なるので、いま継続時間を横軸に、係数を縦軸にして両対数紙に描くと、かなりばらつきがあるが、αは時間tの関数として表わすことができ、βはほぼ一定値とみなせる。このαおよびβを使ったHorton式は次式となる。

$$P/P_0 = \exp(-0.958 t^{-0.485} A^{0.350}) \quad \dots\dots\dots(3)$$

第1～3位の値に対するP/P₀の平均値と面積との関係に(3)式のDA曲線をあてはめるとFig. 4の曲線群となる。曲線は降雨継続時間が短いとP/P₀値が小さく、継続時間が長くなるにつれP/P₀値も徐々に大きくなっていく傾向を示す。各曲線と実測値との誤差は11.5%である。

一方、選定面積に対する流域平均雨量の第1位の値を用いて、継続時間1時間の地点最大雨量を1として、その比を継続時間および流域面積との関係で示したのがFig. 5である。これによると継続時間および流域面積の増加とともに流域平均雨量が急速に減少している。例えば、地点雨量に対しては継続時間で4時間、継続時間1時間に対して流域面積100 km²で、それらの比は約0.4を示しており、また継続時間8時間、流域面積250 km²のとき、継続時間1時間の地点最大雨量に対する流域平均雨量の比は約0.2となっている。この図は地点最大雨量と流域平均雨量との関係をグラフ化したものといえる。

Table 1. Areal rainfall (Thiessen method)

(mm)

Duration (hr)	Date	Area (Km ²)				
		0	100	200	300	433
1	Sep. 5, 1959	41.0	37.3	34.6	31.3	27.8
	Jul. 9, 1960	12.0	10.0	9.5	9.2	8.6
	Jul. 25, 1961	22.0	19.4	19.2	19.0	16.5
	Aug. 3, 1962	19.0	12.1	10.7	9.9	9.1
	Aug. 15, 1963	23.0	15.0	12.3	10.6	9.3
	Jun. 3, 1964	22.5	22.5	22.5	22.3	19.5
	Sep. 16, 1965	14.0	9.4	8.2	6.9	5.6
	Aug. 19, 1966	65.0	25.9	23.7	21.8	16.9
	Sep. 16, 1967	10.0	9.0	8.7	8.2	7.4
	Sep. 30, 1968	12.0	10.0	9.8	9.4	8.9
	Aug. 31, 1969	11.0	9.2	7.5	6.8	6.3
	Oct. 25, 1970	14.5	9.5	9.4	8.9	8.2
	Sep. 4, 1971	13.0	10.8	9.7	8.9	7.9
	Sep. 17, 1972	7.0	5.5	5.3	5.0	4.7
	Aug. 18, 1973	7.0	3.7	3.5	3.4	2.9
	Aug. 7, 1974	25.0	20.2	19.6	18.9	15.2
	Aug. 23, 1975	26.0	20.8	20.2	18.5	17.0
	Oct. 20, 1976	11.0	8.1	7.5	7.0	5.8
	Aug. 5, 1977	37.0	27.1	19.2	14.9	11.4
	Aug. 10, 1978	9.0	5.3	5.0	4.8	4.5
2	Sep. 5, 1959	53.0	52.2	51.9	51.1	50.3
	Jul. 9, 1960	24.0	19.8	19.4	18.9	17.4
	Jul. 25, 1961	35.0	33.8	33.7	32.1	28.2
	Aug. 3, 1962	40.0	23.9	20.9	19.3	17.9
	Aug. 15, 1963	24.0	15.1	14.9	13.9	12.4
	Jun. 3, 1964	34.5	34.5	34.5	34.3	30.0
	Sep. 16, 1965	24.0	13.2	12.7	11.2	9.8
	Aug. 19, 1966	83.0	42.9	42.5	41.5	33.0
	Sep. 16, 1967	18.0	14.7	14.1	13.5	12.6
	Sep. 30, 1968	19.0	18.0	17.5	16.9	16.0
	Aug. 31, 1969	15.0	13.4	12.7	12.2	11.6
	Oct. 25, 1970	26.5	20.6	17.9	16.1	14.2
	Sep. 4, 1971	20.0	19.2	18.3	17.5	16.1
	Sep. 17, 1972	14.0	10.0	9.4	8.8	8.3
	Aug. 18, 1973	11.5	6.6	6.4	6.3	5.8
	Aug. 7, 1974	46.0	37.2	35.1	33.0	27.2
	Aug. 23, 1975	55.0	41.9	41.1	36.9	33.0
	Oct. 20, 1976	13.5	10.3	10.3	10.0	8.7
	Aug. 5, 1977	72.0	43.8	33.4	26.2	19.6
	Aug. 10, 1978	11.0	7.4	7.2	7.1	6.9
4	Sep. 5, 1959	62.0	61.9	61.8	61.7	61.4
	Jul. 9, 1960	38.0	31.4	31.2	30.4	28.0
	Jul. 25, 1961	57.0	51.7	51.7	49.7	43.6
	Aug. 3, 1962	73.0	45.5	40.8	38.4	35.6
	Aug. 15, 1963	26.0	16.4	16.2	15.1	13.5
	Jun. 3, 1964	54.5	54.5	54.5	54.2	47.4
	Sep. 16, 1965	32.0	22.8	22.1	19.5	16.9
	Aug. 19, 1966	104.0	56.8	56.4	54.3	43.9
	Sep. 16, 1967	25.0	19.9	19.9	19.1	18.2
	Sep. 30, 1968	27.0	26.7	25.9	25.2	24.6
	Aug. 31, 1969	34.0	25.5	23.2	21.7	20.5
	Oct. 25, 1970	36.8	30.7	27.6	25.7	24.0
	Sep. 4, 1971	36.0	32.7	30.7	29.4	26.6
	Sep. 17, 1972	29.0	19.4	17.9	16.6	15.6
	Aug. 18, 1973	20.0	12.7	12.3	11.6	10.9
	Aug. 7, 1974	85.0	64.9	58.6	54.8	47.0
	Aug. 23, 1975	88.0	66.4	64.6	57.7	52.2
	Oct. 20, 1976	63.5	30.3	25.7	22.5	20.0
	Aug. 5, 1977	84.0	55.7	42.0	34.8	29.7
	Aug. 10, 1978	16.5	14.8	13.5	12.5	11.7
8	Sep. 5, 1959	70.0	64.1	63.6	63.3	63.1
	Jul. 9, 1960	43.0	38.7	37.3	35.7	32.7
	Jul. 25, 1961	73.0	71.7	71.5	67.9	60.7
	Aug. 3, 1962	109.0	75.4	69.3	66.1	62.1
	Aug. 15, 1963	30.0	18.0	17.3	16.2	14.8
	Jun. 3, 1964	75.0	75.0	75.0	74.6	67.2
	Sep. 16, 1965	53.0	37.3	36.1	31.6	28.0
	Aug. 19, 1966	137.0	71.2	68.7	64.0	52.0
	Sep. 16, 1967	43.0	35.8	35.6	34.5	33.0
	Sep. 30, 1968	54.0	49.3	47.3	45.9	44.8
	Aug. 31, 1969	54.0	42.9	38.6	36.0	34.3
	Oct. 25, 1970	68.6	54.7	47.8	43.1	39.8
	Sep. 4, 1971	76.0	69.3	63.9	60.3	54.9
	Sep. 17, 1972	46.0	28.2	25.1	23.6	21.7
	Aug. 18, 1973	29.5	19.6	19.2	18.5	17.4
	Aug. 7, 1974	121.0	96.9	91.3	87.8	75.2
	Aug. 23, 1975	155.0	111.2	105.8	93.0	82.5
	Oct. 20, 1976	73.5	36.4	31.6	28.6	26.5
	Aug. 5, 1977	95.0	64.1	48.2	41.8	36.4
	Aug. 10, 1978	17.5	15.8	14.3	13.2	12.3
12	Sep. 5, 1959	83.0	72.1	71.4	71.1	70.9
	Jul. 9, 1960	43.0	40.3	38.2	36.3	33.2
	Jul. 25, 1961	115.0	110.1	109.7	107.2	99.3
	Aug. 3, 1962	131.0	97.3	93.3	91.1	87.3
	Aug. 15, 1963	30.0	18.3	18.0	17.0	15.8
	Jun. 3, 1964	77.0	77.0	77.0	76.6	70.4
	Sep. 16, 1965	75.0	58.8	56.7	53.9	51.8
	Aug. 19, 1966	140.0	78.8	75.3	70.3	57.0
	Sep. 16, 1967	52.0	43.6	43.4	42.0	40.2
	Sep. 30, 1968	68.5	63.9	61.9	60.4	59.0
	Aug. 31, 1969	60.7	49.1	45.3	43.4	41.9
	Oct. 25, 1970	77.1	61.9	54.7	49.7	46.1
	Sep. 4, 1971	105.0	95.0	87.0	81.6	73.5
	Sep. 17, 1972	57.0	34.6	31.8	29.8	27.3
	Aug. 18, 1973	41.5	27.2	26.6	25.6	24.1
	Aug. 7, 1974	131.0	109.6	102.1	97.9	89.4
	Aug. 23, 1975	195.0	140.9	133.8	118.2	104.3
	Oct. 20, 1976	78.5	40.5	38.1	36.2	34.7
	Aug. 5, 1977	95.0	64.4	48.5	42.0	36.5
	Aug. 10, 1978	18.0	16.4	13.9	12.9	11.2
24	Sep. 5, 1959	111.0	90.1	87.4	85.5	84.1
	Jul. 9, 1960	43.0	40.3	38.2	36.3	33.2
	Jul. 25, 1961	152.0	149.0	147.9	145.0	138.6
	Aug. 3, 1962	171.0	152.9	141.5	135.4	130.2
	Aug. 15, 1963	44.2	40.3	36.5	33.5	29.7
	Jun. 3, 1964	109.5	109.5	109.5	108.9	103.4
	Sep. 16, 1965	96.0	79.3	79.1	78.5	78.0
	Aug. 19, 1966	152.0	89.4	86.9	82.1	67.3
	Sep. 16, 1967	89.0	73.0	72.8	69.9	65.9
	Sep. 30, 1968	90.0	82.2	78.2	76.4	74.4
	Aug. 31, 1969	71.0	54.6	50.1	47.2	45.2
	Oct. 25, 1970	92.3	72.5	61.2	55.3	50.8
	Sep. 4, 1971	158.9	144.6	134.0	128.0	118.1
	Sep. 17, 1972	64.0	43.2	42.4	41.0	38.0
	Aug. 18, 1973	83.0	57.0	52.6	50.9	48.6
	Aug. 7, 1974	131.0	117.1	111.5	106.6	102.2
	Aug. 23, 1975	243.0	180.6	173.1	154.5	136.8
	Oct. 20, 1976	99.5	47.6	44.2	42.1	40.1
	Aug. 5, 1977	99.0	68.6	52.8	45.2	39.5
	Aug. 10, 1978	25.5	20.1	19.4	18.8	18.3

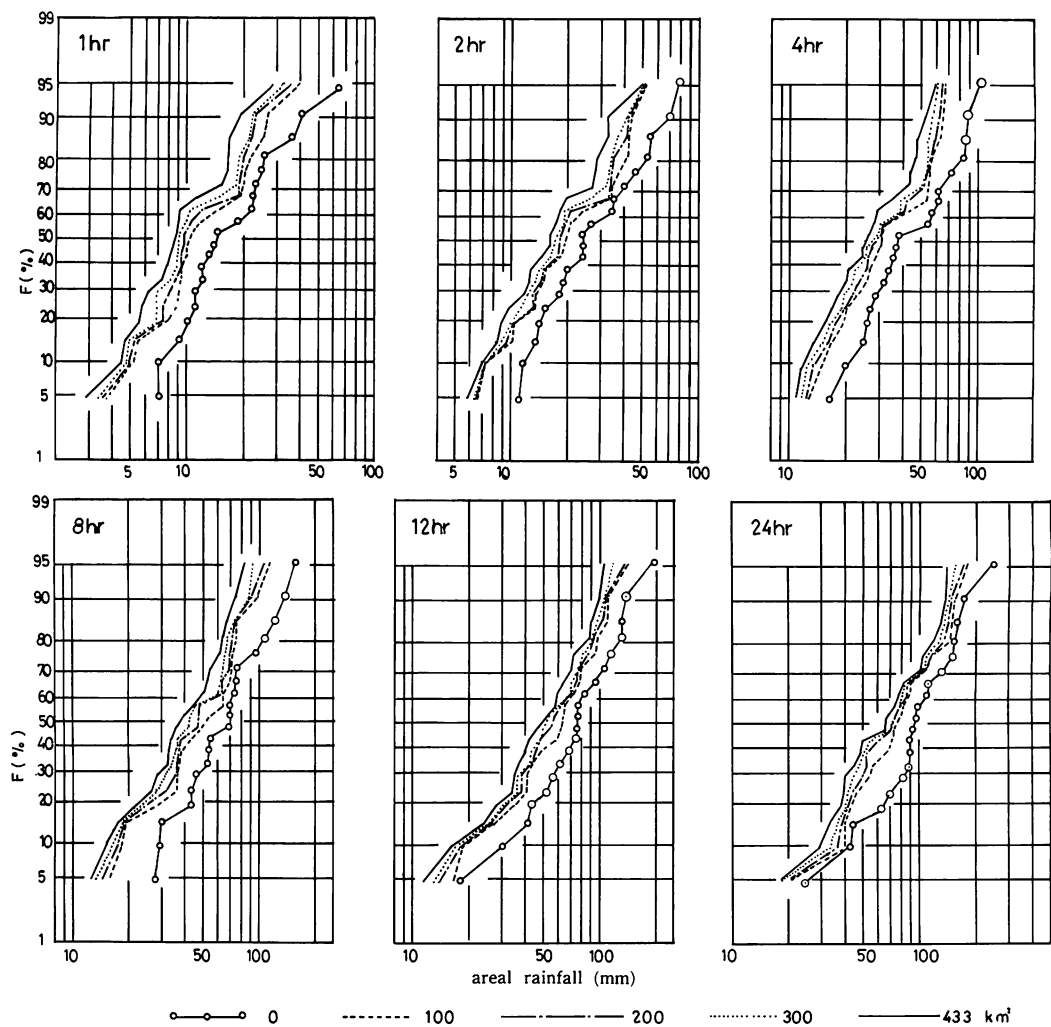


Fig. 2. Areal rainfall on probability paper by Thomas plot.

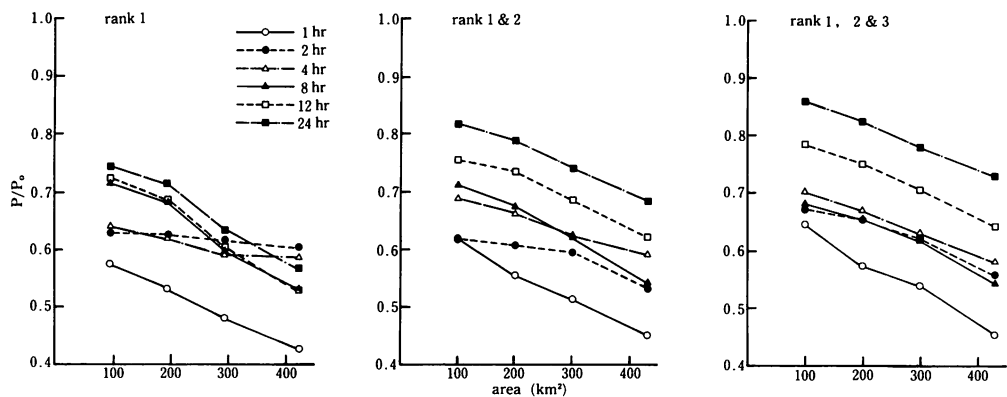
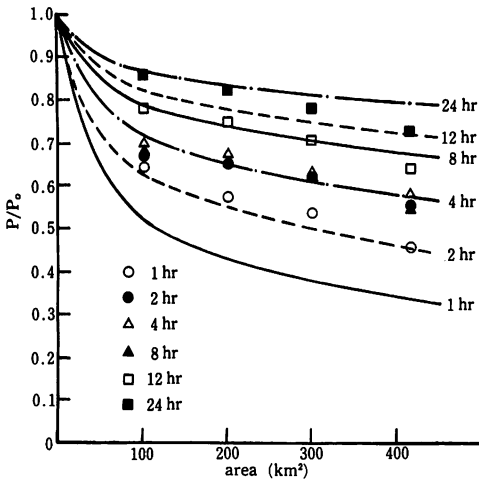
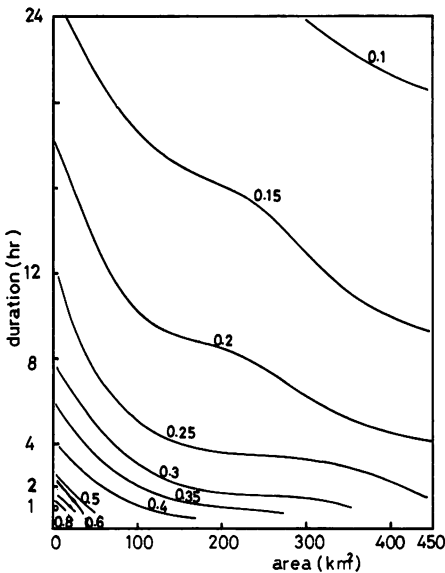


Fig. 3. Relation between area and P/P_0 value by each rank (Thiessen method).

Table 2. Coefficient of Horton formula and error

Method	Coefficient	Duration (hr)					
		1	2	4	8	12	24
Thiessen method	α	0.0742	0.1178	0.0920	0.0927	0.0388	0.0155
	β	0.382	0.254	0.286	0.298	0.391	0.490
	F (%)	2.09	2.73	1.57	2.87	1.77	0.68
isohyetal method	α	0.1487	0.1288	0.0556	0.1397	0.0142	0.0234
	β	0.291	0.290	0.377	0.232	0.571	0.409
	F (%)	3.84	3.42	3.26	1.53	1.46	4.83

**Fig. 4.** Relation between area and P/P_0 value (Thiessen method).**Fig. 5.** Relation among areal rainfall, area and duration.**Table 3.** Areal rainfall (isohyetal method) (mm)

Duration (hr)	Rank	Area (Km²)				
		0	100	200	300	433
1	1	65.0	29.5	28.5	24.8	20.1
	2	41.0	25.2	23.7	21.2	19.1
	3	37.0	21.6	20.6	18.7	15.4
2	1	83.0	46.4	43.6	38.8	34.2
	2	72.0	45.0	43.0	38.2	31.8
	3	55.0	33.5	33.0	31.0	27.4
4	1	104.0	81.6	79.7	70.9	60.0
	2	88.0	59.6	57.6	53.7	50.2
	3	85.0	57.5	56.1	51.1	43.2
8	1	155.0	99.6	98.7	94.1	87.1
	2	137.0	96.1	90.3	82.4	75.1
	3	121.0	76.1	72.9	70.3	66.3
12	1	195.0	168.7	146.9	124.8	106.5
	2	140.0	109.9	105.5	100.4	93.9
	3	131.0	103.7	103.6	94.9	85.0
24	1	243.0	168.3	154.2	143.2	132.9
	2	171.0	152.5	141.9	136.8	131.5
	3	158.9	143.3	140.1	135.7	128.8

3-1-2 等雨量線法による DA 解析

降雨継続時間ごとに面積雨量の大きいと思われる 3 年間について、選定面積に対する流域平均雨量を求め、大きい順に並びかえたものを Table 3 に示す。ティーセン法と同様に、第 1～3 位の値に対する P/P_0 の平均値と面積との関係を Horton 式にあてはめ、係数 α および β を求め、これらを誤差 F で評価したのが Table 2 である。実測値と推定値の誤差はティーセン法より大きくなっており、全資料による誤差は 3.05% である。

係数 α および β と継続時間との関係を調べると、この場合もかなりばらつくが、 α は時間 t の関数として表わされ、 β は一定とみなせる。この α および β を使った Horton 式は次式となる。

$$P/P_0 = \exp(-2.486 t^{-0.648} A^{0.362}) \quad \dots\dots(4)$$

第 1～3 位の値に対する P/P_0 の平均値と面積との関係に(4)式の DA 曲線をあてはめると Fig. 6

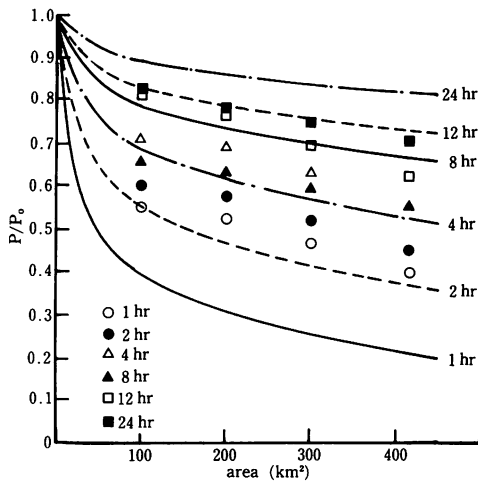


Fig. 6. Relation between area and P/P_0 value (isohyetal method).

の曲線群となる。ティーセン法と同様な傾向を示すが、ティーセン法に比べ各曲線と実測値とが離れており、誤差も17.0%となる。

3-2 DD 解析

DD 解析すなわち降雨強度式には一般に確率雨量を用いるが、ここでは観測年数が短いため、一応観測記録中第1位の値を用いた。

降雨強度式としての一般式に次式がある。

$$I = a(t^c + b)^{-1} \quad \dots\dots\dots(5)$$

I : 最大平均降雨強度, t : 降雨継続時間, a, b, c : 降雨・流域定数。

ここで $b=0$ のときは Sherman 式を, $c=1$ のときは Talbot 式を, $c=0.5$ のときは久野式を表わす。また3定数を決定する方法を提案した田中・角屋式⁶⁾がある。

これらの各式について、それぞれ定数を決定し、(2)式の誤差 F により各式の適合性を検討した。

$$\text{Sherman 式: } I = 654.9 t^{-0.571} \\ F = 4.6\% \quad \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{Talbot 式: } I = 2,000 (t + 365.0)^{-1} \\ F = 14.3\% \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{久野式: } I = 374.5 (\sqrt{t} - 2.36)^{-1} \\ F = 5.9\% \quad \dots\dots\dots(8)$$

$$\text{田中・角屋式: } I = 640.8 (t^{0.571} - 0.52)^{-1} \\ F = 4.2\% \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここに, I (mm/hr), t (min)。

以上より田中・角屋式が最も誤差が小さく、つぎに Sherman 式、久野式、Talbot 式の順となっている。田中・角屋式による実測値と推定値との関係を Fig. 7 に示す。

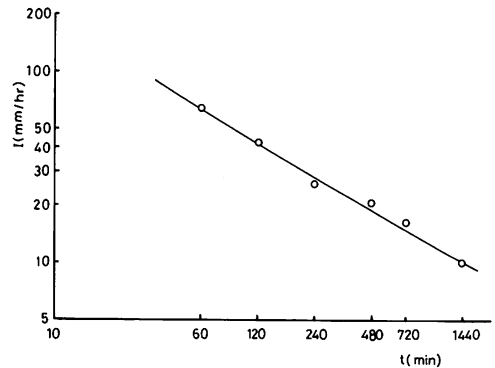


Fig. 7. Maximum rainfall intensity.

4. 洪水比流量曲線の推定

河川流域において単位面積当りの既往最大比流量値の包絡線を表現したいいわゆる洪水比流量曲線について、これまで実用的に解決する方法として Creager 曲線が最も著名であり、次式で表わされる。

$$q = C \cdot A^{(0.9784A - 0.0468 - 1)} \quad \dots\dots\dots(10)$$

ここに, q : 洪水比流量 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$), A : 流域面積 (km^2), C : 地域係数 (北海道のダムにおいては $C=16.6$)。

しかし(10)式は単なる経験式であり、理論的根拠に乏しく、またわが国の諸河川に適用した場合、全般的に適合が悪く、とくに中小河川ではきわめて過大な値を与えており、かならずしも好ましい結果が得られていない。

4. 1 洪水比流量曲線の関数形

河川の洪水流量は、流域における降雨の時間的・空間的集中特性と出水特性との関係において決定されるが、これを端的に表現したものとして合理式があり、次式である。

$$q = \frac{Q_p}{A} = \frac{1}{3.6} f r = \frac{1}{3.6} r_e \quad \dots\dots\dots(11)$$

ここに, q : 洪水ピーク比流量 ($\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$),

Q_p : 洪水ピーク流量 (m^3/sec),

A : 流域面積 (km^2),

f : ピーク流出係数,

r, r_e : 洪水到達時間内の平均降雨強度および有効降雨強度 (mm/hr)。

また洪水到達時間については、近年提案された角屋・福島式⁷⁾があり、次式で示される。

$$t = C_p A^{0.22} r_e^{-0.35} \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここに、 t : 洪水到達時間 (min), C_p : 定数 (丘陵山林河川では $C_p=290$), A : 流域面積 (km^2), r_e : 有効降雨強度 (mm/hr).

洪水比流量曲線式を推定するには、(11)式の洪水到達時間内の流域平均降雨強度 r を求めれば良い。したがって $r=I \cdot (P/P_0)$ の形で求まるものとし、(1)式の Horton 式と(5)式の降雨強度式とを組合せ、また(12)式を(5)式に代入することにより、有効雨量に対する一般式としての DAD 式は次式となる。

$$\begin{aligned} r_e &= f r = f \cdot I(P/P_0) = f \cdot a \cdot (t^c + b)^{-1} \exp(-\alpha A^{\beta}) \\ &= f \cdot a \cdot (C_p^c A^{0.22c} r_e^{-0.35c} + b)^{-1} \exp(-\alpha A^{\beta}) \\ &\dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

上式を(11)式に代入することにより、洪水比流量曲線の一原型式を与えることになる。ただし上式は左右両辺に r_e の項を含む陰形式であるので、試算により求める。

(13)式において $b=0$ とおけるもの、すなわち Sherman 型の降雨強度式があてはまるものとする、この式を r_e で再整理した式と(11)式から次式が得られる。

$$q = K A^{-\eta} \exp(-\zeta A^{\beta}) \dots\dots\dots(14)$$

$$\left. \begin{aligned} K &= (1/3.6) (f a/C_p^c)^{\mu}, \quad \eta = 0.22 c \mu \\ \zeta &= \alpha \mu, \quad \mu = 1 / (1 - 0.35 c) \end{aligned} \right\} \dots\dots(15)$$

上式が洪水比流量曲線の原型となるが、 f は未知数であるため、とりあえず $f=1$ として洪水比流量曲線を求める。この曲線を既往最大比流量値に包絡させるべく平行移動すると流域面積に対する洪水比流量曲線が推定できる。北海道の基準点が大夕張ダム ($A=433 \text{ km}^2$, $q=3.35 \text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$) であり、この基準点を通る洪水比流量曲線を決定し、各ダム流域の既往最大洪水比流量値を包絡する形により、洪水比流量曲線の適合性を評価した。

また(11)式の合理式は大流域には適用できないので、大夕張ダム流域面積以下の中小河川流域に主眼を置いてその適合性を検討した。

4-2 DAD 解析による洪水比流量曲線

大夕張ダム流域の DAD 特性を用いて、北海道のダムにおける洪水比流量曲線を推定する。DA 解析では、ティーセン法および等雨量線法による Horton 式はそれぞれ(3)および(4)式を用い、DD 解析では、田中・角屋式による降雨強度式(9)式を用いる。

Horton 式における係数 α が時間の関数となり、洪水比流量曲線を解析的に求めることができ

ない。このため(13)式において $f=1$ として r_e を求め、さらに(12)式を r_e を求める式に置き換えて、それぞれ(11)式に代入した二つの式について、降雨継続時間ごとに交点を求め、この交点群を(14)式を想定して回帰式により各係数を求めた。

この結果ティーセン法および等雨量線法による DA 式から求めた洪水比流量曲線の原型式はそれぞれ(16)および(17)式となる。

$$q = 14.68 A^{-0.204} \exp(-0.0178 A^{0.350}) \dots\dots(16)$$

$$q = 13.95 A^{-0.207} \exp(-0.0104 A^{0.362}) \dots\dots(17)$$

これらの洪水比流量曲線の原型式を北海道の既往最大比流量値の基準点を通るように曲線を下方へ平行移動して、ティーセン法および等雨量線法による洪水比流量曲線式を求めると、それぞれ(18)式および(19)式となる。

$$q = 13.4 A^{-0.204} \exp(-0.0178 A^{0.350}) \dots\dots(18)$$

$$q = 12.9 A^{-0.207} \exp(-0.0104 A^{0.362}) \dots\dots(19)$$

これらの洪水比流量曲線を Fig. 8 に示す。図では北海道におけるダムの既往最大比流量値の比較の大きな値を丸印でプロットしており、また Creager 曲線も点線で併せて示してある。

この結果、中小流域ではティーセン法および等雨量線法による DA 式から求めた洪水比流量曲線は、ともに Creager 曲線よりはるかに小さい値を示し、類似した曲線が得られ、既往最大比流量値を包絡したものとなり適合性が良い。しかし大流域では既往最大比流量値および Creager 曲線より大きな値を示している。

ところで、DA 解析において、第 1~3 位の豪雨を対象として DA 特性を調べたが、いずれも時間に依存しているが、それほどはっきりとした規則性があるわけではない。そこで第 1~3 位の値に対する P/P_0 の平均値について、ばらつきを無視して一本の DA 式を直接求める方法をとる。すなわち降雨継続時間 t ごとに Horton 式をあてはめ、 $f=1$ として有効降雨強度 r_e に対する DAD 式を作り、洪水到達時間式と連立して、 t ぼとの r_e ~ A 曲線の交点 A_t を図解的に求めた。つぎにこれらの A_t に対応する P/P_0 を通るように、再び Horton 式にあてはめて得られる式を、求めるべき DA 式とした。

ティーセン法および等雨量線法による Horton 式をそれぞれ(20)式および(21)式に示す。

$$P/P_0 = \exp(-0.0854 A^{0.301}) \dots\dots\dots(20)$$

$$P/P_0 = \exp(-0.136 A^{0.227}) \dots\dots\dots(21)$$

これは、洪水到達時間を考慮して、小流域では短時間、大流域では長時間雨量を重視して一本の DA

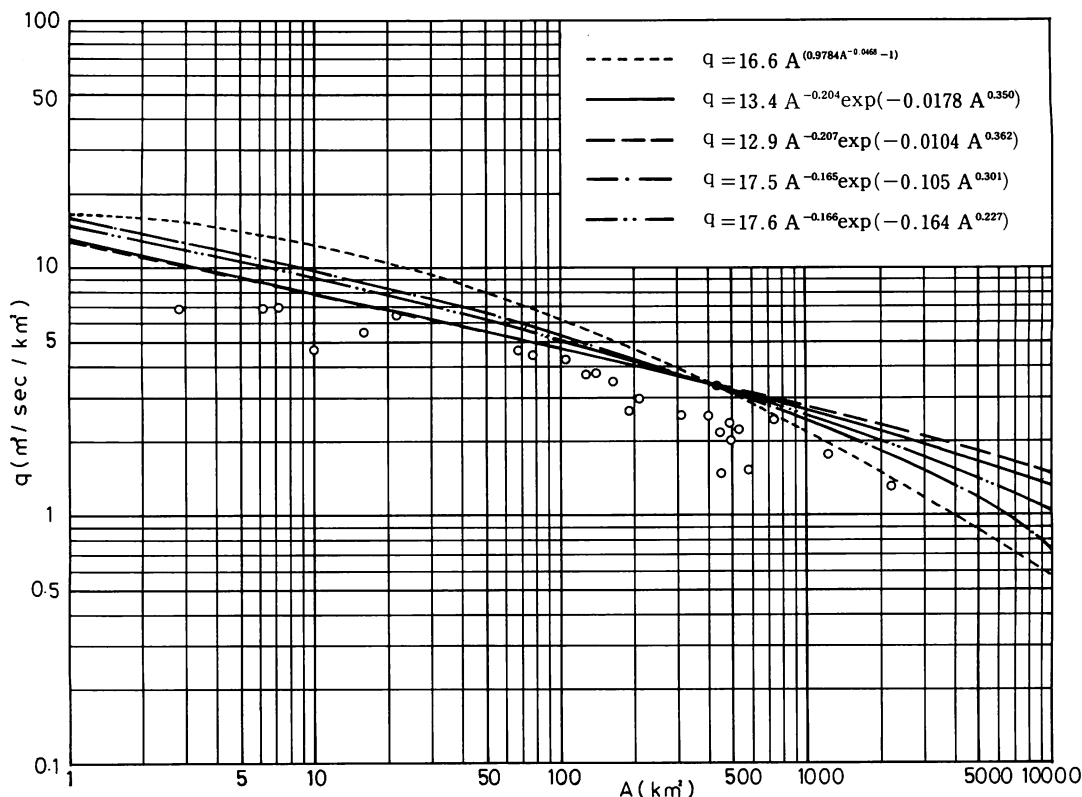


Fig. 8. Record flood peaks and curves of specific flood discharge in Hokkaido.

式を定めたことになる。

上述のように定めた DA 式に基づき、前節までの方法と同様にして、洪水比流量曲線の原型式を求め、包絡基準点を通るように上方に平行移動した。ティーセン法および等雨量線法による DA 式から求めた洪水比流量曲線式がそれぞれ(22)式および(23)式である。

$$q = 17.5 \text{ A}^{-0.165} \exp(-0.105 \text{ A}^{0.301}) \quad \text{.....(22)}$$

$$q = 17.6 \text{ A}^{-0.166} \exp(-0.164 \text{ A}^{0.227}) \quad \text{.....(23)}$$

これらの洪水比流量曲線を Fig. 8 に併せて示した。

この方法においても、中小流域では 2 つの曲線とも Creager 曲線より小さく適合性が良い。しかし(18)式および(19)式による洪水比流量曲線よりも大きな値を示している。大流域では逆に Creager 曲線よりも大きな値となっているが、(18)式および(19)式の曲線よりも小さくなっている。

本研究は、中小流域における各ダムの既往最大比流量値に接近し、包絡するような洪水比流量曲線を求めることが最終目的である。この点から、等雨量線法により α を時間の関数とした DA 式から求めた洪水比流量曲線が最も適合性が良い。

しかし、ティーセン法で α を時間の関数とした Horton 式から求めた曲線でも大差はない。等雨量線法では解析に時間を要するため、ティーセン法で大まかな解析を行ない、その中から上位の降雨資料の数個を選び出し、等雨量線法でさらに細かく DA 解析を行ない、DD 解析および洪水到達時間により洪水比流量曲線式を作成することが好ましい。

4. あ と が き

本研究は従来経験的にしか理解されていなかった洪水比流量曲線について、流域の DAD 特性と流出特性を用いて半理論的実証的に解析を行ない、合理的な基礎を与えるとともに、大々張ダム流域における実測豪雨資料よりその流域の DAD 特性と北海道の洪水比流量曲線を定めたが、曲線の適合性も良好といえる。しかし、雨量観測年が 20 年と短く、また気象学的要素を十分検討することなく、統計的な解を求めており、本年 8 月に起きたような異常な豪雨や洪水の極値およびそれらの確率的評価、また DAD 特性の理論的決定法な

ど今後検討すべき問題を残している。これらについてはさらに研究を続け、より合理的な洪水比流量曲線の設定に努力していくつもりである。1981年4月に改定された農林水産省、土地改良事業計画設計基準「ダム」に、ダムの設計洪水流量を決定する方法として、全国各地域でつくられた洪水比流量曲線をもとに、その提案式が掲載されている点を付記する。

最後に本研究に使用した降雨資料は北海道開発局大夕張ダム管理所に負うところが多い。またこの一連の研究を共同テーマとして一緒に研究している北海道大学農学部桜田純司助手に御助言を頂いた。記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 角屋 睦・永井明博：洪水比流量曲線へのアプローチ，京大防災研究所年報，第22号B-2：1979
- 2) 桜田純司・秋野隆英：後志利別川流域のDAD解析－北海道の洪水比流量に関する研究(I)，北大農邦文紀，12：1980
- 3) 桜田純司・秋野隆英：空知川上流域のDAD解析－北海道の洪水比流量に関する研究(II)，北大農邦文紀，12：1980
- 4) 秋野隆英・桜田純司：幾春別川流域のDAD解析－北海道の洪水比流量に関する研究(III)，北大農邦文紀，12：1981
- 5) 桜田純司・秋野隆英：DAD解析による洪水比流量曲線の推定－北海道の洪水比流量に関する研究(IV)，北大農邦文紀，12：1981
- 6) 田中礼次郎・角屋 睦：降雨強度式に関する研究，農土論集，83：1979
- 7) 角屋 睦・福島 晟：中小河川の洪水到達時間，京大防災研究所年報，第19号B：1976
(昭和56年11月28日受理)

