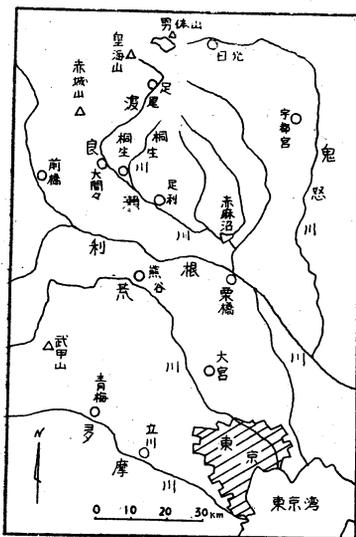


渡良瀬川の洪水の発生頻度

荒 卷 孚

関東地方の水災防止の観点から、最近、渡良瀬川の洪水が注目されているが、これらの洪水は数百年間たえず発生し史実にも記録されている。渡良瀬川は、皇海山(2144m)、大平山(1960m)等の前日光連峰に源を發し、南流すること約90km、栗橋附近で利根川と合する。(第1図)、源流地域が足尾銅山の開發によって著しく荒廢しており、また急流河川であるから一旦降水があるとはなはだ急流となる。しかも、渡良瀬川は徳川時代以来、すでに幾度か河道を変遷しており、また運搬される土砂も莫大で、年々河床の上昇が激しく、その対策に困っている。



第1図

渡良瀬川のこれまでの洪水を調べることは、流域管理の合理化の上からも必要であるので、洪水記録から、その発生頻度や間隔を調べた。ただ、洪水の記録は流域全般について求めることが困難なので、主として桐生市近傍に限った。

a) 渡良瀬川の洪水の史的考察

渡良瀬川の洪水が史実として記録されたのは17世紀以後で、寛永元年(1624)の洪水が境野村の高橋氏の文書に認められる。この年は足尾銅山が発見されてから14年後にあたり、以後、現在迄洪水として記録を留めるものは50数回に達し、そのつど流域の各所で破堤し、氾濫している。その中、近年発生したカスリーン台風による洪水に匹敵すると思われる大きな洪水を史料から求めると次

の諸洪水がある。

寛保2年(1742)の洪水 この洪水は旧8月1日に発生し、全国的な水害をもたらしたもので、日付から推して台風による出水とみられる。十三紀聞によると「近畿ヨリ北海道ニカケル広範囲ニ及ブ大風雨アリ、田園慮舍ヲ漂波シ、人多ク死ス。」とあり、利根川治水論考にも明治43年の水害を想定する大規模なものであったと書いてある。また、境野村高橋氏の記録は桐生市附近について、「堤防破壊、境野村地先大破壊。」と記し幕府が直ちに普請を命じた程、渡良瀬川をおびやかしたらしい。

天明6年の洪水 天明の洪水は、旧7月15日に発生した。この洪水も関東一円にわたる大規模なもので、吾妻郡誌によると、7月15日から18日まで豪雨続くところから、相当の雨量をもたらしたらしい、渡良瀬川については、下広沢工事出願書に、「普請工事破壊、田畑川欠砂入。」とあり、甚大な被害を受けたようである。特に、この洪水を特徴づけることは、発生から3年前に浅間山の大爆發があったことで、利根川治水論考その他の記事によると、降灰によって、河床が上昇し、同時に、土砂の供給量の増加が被害をさらに強めたと述べている。

安政6年(1859)の洪水 旧7月24日に稀有の洪水が発生した。この年はすでに前年7月に出水があり、下流部が相当の被害をうけていたから、度重なる猛威に一層の水災を与えたようである。鈴木小兵衛覚書は当時の状況を「安政六年七月廿四日之明七時ヨリ午寅風吹出シ、廿五日之申上刻迄稀成ノ大雨ニシテ、渡良瀬川凡ソ壱升六合程ノ大水ナリ。」と記している。豪雨にともなう急激な増水によって、桐生市近傍の死者は50~60人で、また上流から漂着した死人だけで67人に達したという。下流の西谷田村でも257間に及ぶ大破堤があり、氾濫の規模と水勢はカスリーン台風による洪水をしのぐものと思われる。

明治43年(1810)の洪水 古老が未曾有の洪水として未だに記憶する出水が8月11日に発生した。この洪水は太平洋上を北東にむかって進んだ台風によるもので、足尾で404mmの降雨が記録された。渡良瀬川近年大洪水史は桐生市附近の惨状について、「その水域は全市を覆い、流出家屋15戸、漂流人員35名に達した。」と述べている。また、他地域では邑楽郡の冠水面積6597町歩、足利郡で2291町歩、下都賀郡で4040町歩に及ぶ範囲に亘る浸水があり、渡良瀬川全域に大きな災害を与えた。

昭和22 (1947) 年の洪水 昭和22年9月15日に発生したカスリーン台風による洪水は、利根川の赤麻沼への逆流と渡良瀬川自身の極度の増水によって、各所に氾濫をおこした。このため冠水面積は1875km²にも及び、桐生市の死者と行方不明は146名を数えた。

以上の洪水は既洪水の中で、とくに大きな洪水として指摘されるものであるが、これらの洪水につく規模のものとしては、次の洪水があげられよう。

宝永元年 (1703) の洪水 旧7月25日に発生し、同年6月25日におこった洪水とあわせて広範囲の水災をもたらしたようである。大正遺事・上広沢村夫銭之割出入帳には、「広沢用水堀押流サル。」と記し、各所の欠潰と改修の状況を記している。

享和2年 (1802) の洪水 旧6月27日から29日に降った大雨によるものである。桐生新町の長沢氏の記録によると、「渡良瀬川赤岩上切」「桐生川同断今泉ノ水入別而三ツ堀大水ユカ四・五尺上り所モ御座候。」とあり、支流の桐生川も極度に増水し、広範囲の出水があったらしい。

文政7年 (1824) の洪水 この年は長い間連続的降雨に見舞われ、水分過剰のところにおこった旧7月23日から24日にかけて本格的強風大嵐となり、河川が氾濫した。広沢の彦部記録は「新宿大御宮川欠。」石井一庭氏の「はながたみ」序文には「渡良瀬川洪水境野村石井一庭家財田畑流す。」と記している。

文政11年 (1828) の洪水 前記洪水から4年後の旧6月29日晦に大風雨があり、翌旧7月1日に大増水となった。当時の状況を、桐生新町の長沢氏記録は「赤岩渡舟場茶店破壊、境野村大洪水。」と記し、この洪水によって茶屋の破壊と人夫2人が濁流に押し流された。さらに、翌2日、水勢は如来堂村に浸入し、全村が水浸しになった。

安政5年 (1858) の洪水 旧7月24日に発生し、翌年に発生した大洪水の被害を強めた原因としても意味がある。待矢場西堤史によると、「只上村地内の矢場堰水門の上流用水口にして、沿岸堤防長百三十間破壊し、其の水勢激流直下、同所は本川となり、内郷一円浸水をなし土地崩壊は勿論下野国栗田郡ノ溢水氾濫せり。」とあり特に下流の平坦地は7・8尺の浸水に見舞われた。

明治3年 (1858) の洪水 7月18日に発生した洪水は各所で堤防を破壊し、待矢場西堤史によると赤岩方面から新川に切込んで旋流したらしい。当時の状況を、安楽土村誌は「7月18日本川洪水堤防を破壊し、支流をなし旧遺濠を流撃し、村の南方を旋流すること1220間、桐生新町以西614間、以東606間、広狭15間より48間、深淺8尺を最深となす。」と記している。

明治21年 (1888) の洪水 この洪水は桐生川の氾濫を

ともなって7月25日に発生した。梅田郷土誌は「5月中より雨天勝ちにて続き、7月25日に至り、強雨雷鳴烈しく。……」と記しているから、当時この地方は梅雨前線が長く停滞し、水分過剰のところ強雨があって氾濫したのであろう。特に、この洪水時の特徴としては、広範囲の山株の崩壊がおこったことである。

明治39年 (1906) の洪水 6月中旬から続いた長期間の降雨は7月14日から16日にかけて遂に氾濫し、近年にも珍しい高水位が続き、流域を襲った。桐生新町の長沢氏の記録は「渡良瀬川、桐生川増水汽車7日間不通。」と記し、福岡小学校調査報告は雨が長期間続き、附近の小平川が氾濫し、数百町歩を河原と化せしめ、渡良瀬川河畔の人々は山に登って難をさけた。と記している。

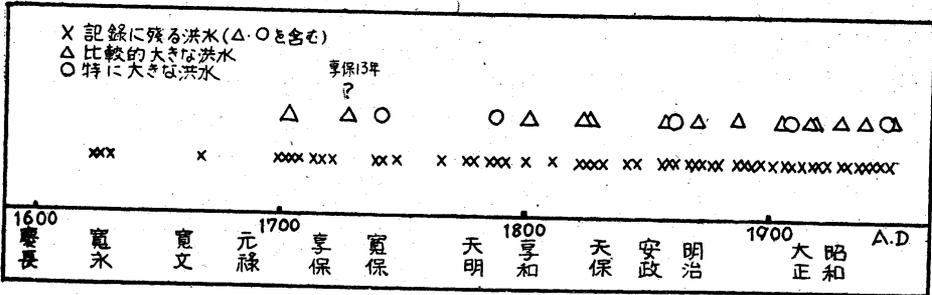
大正3年 (1914) の洪水 8月13日に13.33mの最高水位(大間々高津戸測水所)を示した洪水は、小笠原島における最低気圧720mmの台風によるものである。待矢場西堤史は新田堀引入口附近の河身が転じたと記録している。加えて、同月29日再度台風が襲来し、関東一带に猛烈な風雨をもたらした。このような連続した氾濫のため、浸水面積は9300町歩、総被害額は当時の貨幣価値で250万円に達した。

大正8年 (1919) の洪水 中部山岳地帯を通過した台風によって、9月15・16日に洪水となったが、すでに同月10日から不連続線による降雨があったので水位は極度に上昇し、流量は28時間にわたって1000m³/sec(高津戸)をこえた。この洪水による総流量は大正・昭和年間を通じて最大であった。渡良瀬川の総被害反別は1160町歩、被害総額は52万円に及んだ。

昭和5年 (1930) の洪水 7月30日から31日にわたって最高水位15m(高津戸)を示した洪水は、伊勢湾から直入し、上陸後、分裂消滅した台風によるものである。降水量が全般に多く、中でも山岳部の足尾は300mmの降雨があって、全国の観測所中の最大であった。渡良瀬川の総被害額は約50万円に達した。

昭和13年 (1938) の洪水 山岳地帯の足尾では1時間の雨量が55.6mmという記録的な豪雨によって、8月31日から9月1日にかけて洪水が発生した。渡良瀬川は急激に増水し、このため桐生川の彎曲部の堤防が欠潰し、翌2日に至るも濁流が流入し、河原には上流からの材木・木根が散乱して、死者11名、傷者6名、浸水家屋2992戸、被害総額140万円にのぼった。

昭和24年 (1949) の洪水 このキティ台風による洪水は、昭和13年の洪水と降雨機構、台風進路、発生日付、及び最高水位の酷似したもので、カスリーン台風による洪水以来、3年間連続して発生した関係から、災害復旧途上を破壊し、予想外の被害を生じた。渡良瀬川の浸水家屋は1311戸、家屋倒壊154戸で、死者10名、傷者118名、浸水面積720町歩であった。



第 2 図

以上、規模の比較的大きな洪水をとりあげ、その概要をのしるしたが、大正以前の洪水は量的に把えることが不可能である。史実として留められている洪水記録を年代を追ってプロットすると第2図となる。17世紀の洪水記録は不足しているが、18世紀以降の記録は十分であろう。そして、すでに指摘したような大きな洪水は、ほぼ一定の間隔をもって繰返し、発生している。例えば、カスリーン台風によるような洪水は50~60年の間隔をおきながら渡良瀬川を襲っている。また、キティ台風によるような洪水と合せると、2・3の洪水が集中的に発生する場合もあるが、発生時期の間隔は10~20年のようである。このように、洪水が規則的に、ある一定の間隔において発生していることは、洪水対策の上からも重要であるから、大正以後の大間々高津戸測水所の資料から統計的に、つぎに調べてみる。

b) 洪水の発生頻度

統計的に資料を整理するには、長期間の観測資料が必要であるが、大正11年(1922)から昭和25年(1950)迄の期間しか資料が得られなかったため、この範囲で検討する。まず、この期間に発生した流量の頻度から、ある流量に対する出現確率を求めた。一般に、階級毎に分類した流量の頻度は指数曲線的に変化し、大きな値の出る頻度が僅かになる。

このような傾向に対し求められた Foster の頻度曲線(1)を Slade の限界確率函数(2)をもとに改良すると、頻度曲線はつぎのような式になる(3)。即ち、積分の形で表わされる函数は、

$$P = \frac{N}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{c \log_e d(x+b)/t^2+1} e^{-z^2} dz$$

但し b, c, d 及び t は統計による平均値 (M), 第2次積率 (U₂), 及び第3次積率 (U₃) から求められた変数、x は流量

となり、 $c \log_e d(x+b)/t^2+1 = Z$ を求めることによってある流量に対する発生確率が得られる。

大間々高津戸測水所で測られた1922~50年の最大日流量の中、200m³/sec を超えたら日数を100m³/sec毎に頻度を集計し、この値から定数(Z)を求めると

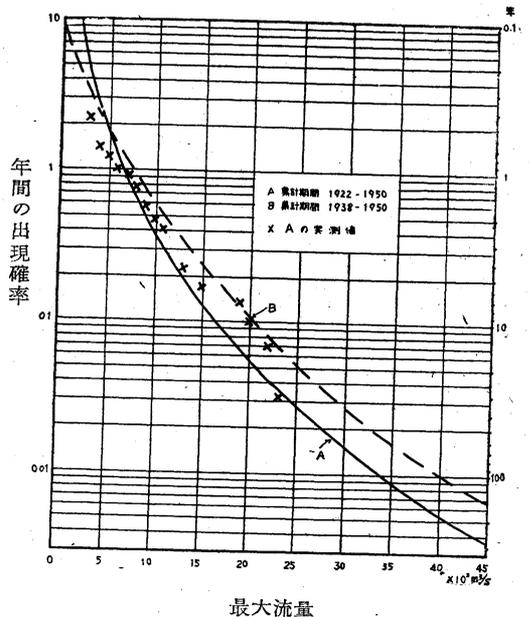
(Z)の値

A) $Z = 2.2 \log_{10} \{0.103(X - 3.84)\}$

B) $Z = 3.01 \log_{10} \{0.025(X + 18.4)\}$ *

但し X は流量 (単位: 10m³/sec)

となる**。



最大流量

第 3 図

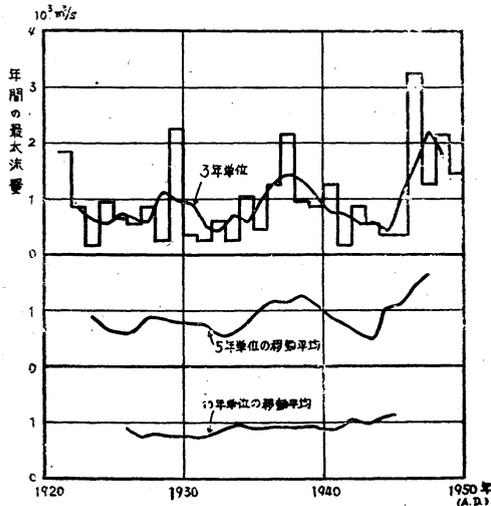
この式によって、頻度曲線を半対数グラフに描くと第3図のようになる。図から明かなように、年1度の割で出現する最大日流量は、(A)が700m³/sec、(B)が770m³/sec となり、100年に1度の割で現われる値は(A)が3300m³/sec、(B)が3920m³/sec となる。また、この発生確率によると、カスリーン台風程度の洪水 (3250m³/sec) は(A)で 80 年、(B)で 50 年に1度の出現頻度を

* B) は1938~50年を集計したもので、これは、1938年を境として灌漑のため基本流量が若干変化したので特に集計した。

** この式で求められる推定値と実測値との分散は800m³/sec以上の階級に対しては比較的小さい。800m³/sec以上の場合、A)は10階級に対し、 $\chi^2 = 19.8$ となり、B)は7階級で $\chi^2 = 3.2$ となる。B)の方が分散は少ない。

示し、キテイ台風程度の洪水 (1850m³/sec) は (A) で 20~25年, (B) で 10~12年に 1度の割で出現することになる。この結果は史実に認められた頻度に、ほぼ一致する。

しかし、このようにして求めた発生確率は全体を通じた頻度であって、年次を追って発生する間隔の周期性は理解し得ない。このために、年次毎の最大流量の相違から洪水規模の変化を求めその周期性を調べた(第4図)



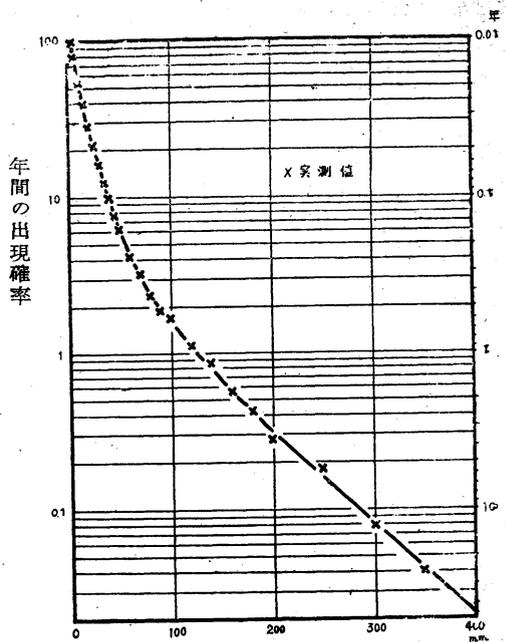
第 4 図

図によると、最大流量の大きな年はほぼ10年の間隔を置いて現われて居り、移動平均による各年の変動も10年になると小さくなる。しかも、この傾向は部分的な観測資料しか得られなかった集計以前(1921年以前)の約15年間の状態にも適用できるようなのである。即ち、求め得た資料から推して、明かに、1908~10年と1918~22年には最大流量が夫々大きく、同じような間隔を有している。このような傾向を把握するには長期間の資料が必要であるから、この程度の資料では単に大洪水にはさまれた中間的な間隔しか得られず、しかも莫然とした傾向を得るにとどまる。しかし、一連の規則性と発生確率からみて洪水が周期的に連続しながら発生するものとみられる。

C. 日降水量との関係

渡良瀬川の源流に位置する足尾の1901~50年迄の日降水量の発生確率から、最大流量との関係に若干ふれてみる。足尾の平均年降雨日数は219.8日、年平均降水量は1954mmである。日降水量を規模別に分類し、集計毎に発生確率を求め、半対数グラフにプロットして、傾向線を引くと第5図となる。

この曲線によると、1年に1度の割で現われる日降水



日降水量
第 5 図

量は 125mmで、10年に 1度の割で出現する値は280mmとなる。また、カスリーン台風・キテイ台風によってもたらされた約300mm/day程度の最大日降水量の発生確率は20年に1度の割である。この結果、カスリーン台風程度の降雨の発生確率は洪水の発生確率に比べて短いことがわかる。これは足尾の日降水量の限界は300mm程度で定まっているのに対し、最大流量の規模の差はそれ以前の降雨状況に影響されることと、平野部の降水量の差が響いてくるからである。しかし、この場合、最大日流量の区分は100m³/sec毎に行ったので、1回の日降水量がある量以上になると、それに対応する日流量は幾日間か続くから、両者の持続性の相違が響いてくることも考えられる。このような相互の階級区分と出現確率の関連については問題が残るが、この点は将来の問題としたい。ともあれ、もし日降水量がわかるとグラフの上ではその降水量が出現する確率年数が求められるから、一応の推定値を知りうる。このような推定の仕方は最大流量を知る便宜的な方法であるが、降水による最大流量及び総流量の決定については後報で詳述する。

要 約

以上、この報告で得られた結果を要約すると、次のようになる。すなわち、

徳川時代以降三百数十年を経て、渡良瀬川の大洪水として史実に残るものはカスリーン台風による洪水(1947) 明治43年(1910)、安政6年(1859)、天明6年(1786)、及

* 0~1.0mm/dayの階級と1~5mm/dayを2mm単位、5~50mm/dayを5mm単位、50~100mm/dayを10mm単位、100~200mm/dayを20mm単位、及び200mm/day以上を50mmの単位で其々階級に分け、階級毎に集計した。

び寛保2年(1742)の諸洪水がある。これらの洪水はほぼ50~60年の間隔をおいて発生している。また、キテイ台風による程度の洪水は過去に十数回認められるが、前記の大洪水と併せて、10~20年の間隔で発生している。

1950年以前の過去30年間の統計処理によって求められた最大日流量の発生確率は、年に1度の割の値が700~770m³/sec, 100年に1度の割の値が3300~3900m³/secとなる。また、洪水の規模から求められた大洪水が発生する確率年数は史実による頻度とほぼ一致し、一定の間隔をもって、周期的に発生する。

上流の足尾の日降水量と大間々の最大日流量との発生確率からみた関係は大きな洪水になると、相互の関連が少ない。これは足尾の日降水量の限界が定まっているのに対し、最大日流量の差は、降水がもたらされる以前の降

雨状況と平野部の降雨状況の差に影響されるためと考えられる。

終りに臨み、東京教育大学三野与吉博士及び吉野正敏氏と史料貸与その他の援助を贈った桐生市史料編纂所主任八木昌平氏に感謝する。(東京文理大地理学教室)

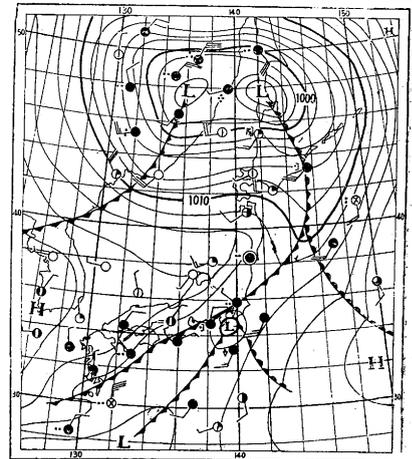
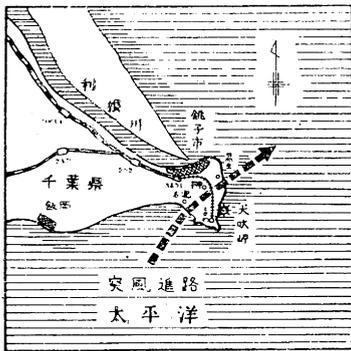
参考文献

- 1) Foster, H. A. : Theoretical Frequency Curves and their Application to Engineering Problems. Trans. Am. Soc. Civil Eng. 87, (1924)
- 2) Slade, J. J. J. : An Asymmetric Probability Function. Trans. Am. Soc. Civil Eng. 101 (1936)
- 3) Foster, E. E. : Rainfall and Runoff. (1949) N. Y.

銚子を襲った旋風

(表紙2写真説明)

昭和30年10月18日23時40分ごろ千葉県銚子市に発生した旋風によって局部的な被害を起こした。市の名洗・榑・笠上・黒生各町を襲ったが、九十九里浜に面した名洗町では特に被害が大きく、港にあった2トンから5トンの小型漁船39隻が大小破した。中には2~3メートルも舞上って、百メートルも離れた道に落ちた漁船もあり、その中、民家の



中に飛びこんでしまった光景がこの写真である。同町の159戸のうち43戸が全半壊し、死者1名、軽傷11名も出している。その他の町でも相当の全半壊家屋を出した。

当時の天気図をみると、17日午前に満洲にあった低気圧は東に進んで、18日9時には日本海北部に達し、示度は998mbと急速に発達した。これより延びた寒冷前線

は18日9時には東北地方西岸を通り近畿から九州南部に達した。21時には東北地方を東に抜け、東京の南を通り本邦南岸に達した。

旋風の経路は南西の名洗町から北西の黒生町に移動しているの、寒冷前線の前面の南西風中に起きたものと考えられる。(天気相談所 中村 勝)

「天気」が新発足し頁数もふえます

一会員はもとより、会員でない方も、ふるつて御投稿下さい

御承知のように来年の1月から「天気」が学会の機関誌として、新しく再出発いたします。この機会に内容をよりよいものにするために、次のような点を改めました。どうぞ投稿規程を御覧の上、多数御投稿下さい。

○論文の項を設け、これに本文の半分、16頁を割当てました。いままでも報文として取り上げておりましたが、学会の機関誌として、今後はより高い内容のものも取り上げ、また分野もより広いものにしたいと考えております。しかしこれは決してアカデミックなものにしようとの考えではありませんから、いままでのように身近な論文も、どしどし御投稿下さるようお願いいたします。また分野を広くする意味から、会員以外の方の御投稿も歓迎いたします。

迎いたします。

○雲鏡欄を開放、広く会員の声をのせることにしました。いままでもに編集者が書いておりましたが、啓蒙的な御意見を会員各位から広く聞かせていただくためにこの欄を開放し頁数もふやす考えておりますので、卓見をお寄せ下さい。ただし、字数は580字から600字までの間に集約して下さい。

○写真欄をより充実することにしました。いままでも表紙を利用して、写真をのせてきましたが、今度は写真を本文の中に収めて、保存性を高める一方、より価値のあるものを収録したいと考えております。海に山に御活躍のさいの貴重な記録を、広く本誌を通じて御紹介下さるようお願いいたします。

○その他、解説、総合報告、学界消息、支部便りなどの欄を設け、会員の参考になるような内容にしてゆきたいと思ひます。よりよい「天気」になるように会員の方々の御協力をお願いいたします。