

塔里木盆地对南天山冰川发育影响的初步讨论

王 宗 太 韩 元 杰
(中国科学院兰州冰川冻土研究所)

一、问题的提出

中国南天山的高山冰川,与以干热著称的塔里木盆地紧邻共存,形成自然景观的鲜明对比,引起人们的深思——它们之间有没有内在联系?

有一种看法认为,由于塔里木盆地的主体是塔克拉玛干大沙漠,气候干热,又是青藏高原北缘的下沉气流区,北来气团的背风坡,降水少,因此不利于冰川发育。

如果上述看法成立,则南天山的冰川规模一定很小。事实正相反,例如,我们选用在地理配置、山脉走向以及地形状况大体相当的南天山东段,包括哈尔克他乌和科克铁克两支脉,与北天山东段,包括依连哈比尔尕和博罗科努两支脉,进行冰川规模对比(表1)。看出,尽管北天山东段的冰川总面积稍大于南天山东段,但冰川发育规模的其它各项指标,例如冰储量、冰川平均面积、冰川下达的海拔高度等等,皆是南天山东段大于北天山东段。

表1 南、北天山(东段)冰川发育规模对比
Table 1. Comparison of northern glaciation area with the southern in east Tian Shan

山 段	冰 川 面 积		冰 川 冰 储 量		冰川平均面积 (km ²)	冰川下达最高度 (m)	最 大 冰 川	
	面 积 (km ²)	占全山区 (%)	储 量 10 ⁸ m ³	占全山区 (%)			面 积 (km ²)	长 度 (km)
南天山	1961.52	21.3	1735.39	17.2	1.29	2520	137.70	33.0
北天山	2063.71	22.4	1385.85	13.7	0.78	2600	30.60	9.0

是不是南天山气温低,促使其冰川发育规模大呢?从表2所列南、北天山山麓带台站气温看得出,南天山的气温也远比北天山高。

于是,有另外学者提出,南天山冰川发育规模大,是其山体宽大所致。对这个问题的探讨,要首先明确两点看法作为讨论的基础。其一,宽大的山体只有与其它因素有机地配合,才能更好地发挥其影响冰川发育的作用,否则,必将大大降低山体宽大应有的

表2 南、北天山麓带台站气温对比

Table 2. Comparison of air temperature (T) between the southern and northern foots of Tian Shan Mts.

台 站	海 拔 (m)	多 年 平 均 气 温(℃)			
		1月	7月	年 平 均	年 较 差
石 河 子	442.9	-18.6	24.5	6.2	43.1
乌 苏	478.7	-18.5	26.0	6.9	44.5
库 车	1072.6	-9.2	26.8	11.4	36.0
轮 台	976.1	-8.7	25.0	10.6	33.7

注：据气候资料基本总结（1951—1962），新疆维吾尔自治区气象局，1963年12月。

效力。例如，帕米尔号称世界屋脊，然而其冰川规模却远不如喀喇昆仑山大，足以说明单是山体宽大，并不能决定冰川规模的大小。其二，山体宽大是平均海拔高度、山体宽度和地貌状况的综合体现，不能只以最高峰的高度而论。

也还是用南、北天山东段来作对比，因为这样可以避开托木尔山汇区这一特殊因素的作用。

近年来冰川研究的资料表明，在整个山地面积中，雪线以上部分是最影响冰川发育的，被称谓“有效山地面积”〔1〕。从影响冰川发育的角度来说，有效山地面积所占整个山地面积的百分比，可以表示山体的宽大程度，命名为“有效山地比率”。计算南、北天山东段的有效山地比率列入表3。看出，南天山东段的最高海拔高度虽然比北天山东段高，山地面积也比北天山东段多，但是，有效山地比率却比北天山东段少28%。这说明南天山东段高差悬殊很大，虽然有巨大高度的最高峰，然而平均海拔并不比北天山东段高，山体也较单薄。所以，南天山东段的山体并不算很宽大。用山体宽大来解释那里较大的冰川规模，尚欠说服力。

表3 南、北天山东段有效山地比率统计

Table 3. Statistic data on the effective rate of mountains area for glaciation in Mts. Tian Shan

山 地	最高海拔 (m)	山地面积 (km ²)	有效山地面积 (km ²)	有效山地比率 (%)	备 注
北天山(东)	5289	22620.25	3058.25	13.5	天山平均雪线为海拔3850米
南天山(东)	6627	27665.25	2969.53	10.7	

注：面积由蒲建辰根据1/50万地形图量算。

我们认为，南天山冰川规模较大，是与塔里木盆地和周围山地共同形成的特殊的降水机制有关。

二、塔里木盆地的水汽

塔里木盆地面积53万平方公里,其中塔克拉玛干大沙漠占盆地面积的64%,气候干燥,干燥度达10—60^[2],给人以缺乏水汽的印象。实际上,塔里木盆地的水汽与北疆相比是差不多的。从表4看出,塔里木盆地与北疆的比湿皆在4—6克之间,水汽含量属相同等级,但降水量却比北疆少3—6倍,可见并不是空气中水汽含量少,而是缺乏形成降水的条件^[3]。

表4 南、北疆多年平均湿度与降水

Table 4. Annual mean humidity (E) and precipitation for years of the southern and northern parts of Xing Jiang Uygur Autonomous

地 区 (台 站)		海拔高度 (m)	比 湿(g/kg)		相对湿度(%)		降 水(mm)	
			年	7月	年	7月	年	7月
塔里木盆地	阿克苏	1103.8	5.4	10.1	57	52	56.7	14.2
	库 车	1072.6	4.0	7.6	42	34	63.0	12.0
	轮 台	976.1	4.7	9.0	48	44	36.6	5.6
	叶 城		4.8	8.9	46	43	55.6	3.7
	和 田	1374.6	4.7	9.1	42	41	35.0	3.4
	喀 什	1288.0	4.8	8.9	46	43	55.6	3.7
北 疆	乌鲁木齐	653.5	4.2	8.1	57	38	194.6	16.4
	石 河 子	442.9			67	55	213.6	18.6
	精 河	320.1	4.6	9.8	62	52	94.9	13.3
	克拉玛依	442.6	3.4	7.0	48	34	114.4	30.2
	塔 城	548.0	4.4	8.9	62	56	302.1	34.4

注:据新疆维吾尔自治区,气候资料基本总结(1951—1962),地面气候资料(1961—1970)。

在水汽循环中,空中水汽来源于外地输送和本地蒸发两部分。现就这两部分作些粗略的计算。

(1) 外地输送水汽

塔里木盆地的外来水汽,主要为西风气流带来,统计如表5。库车到和田相距约600公里,粗略计算,西风气流每年将给塔里木盆地输入约3005亿立方米的水汽,占全新疆水汽输入总量(11540亿立方米)的26%左右。

(2) 本地的蒸发

通用的水分平衡公式为:

$$R = E + F.$$

式中:R——降水收入;

表5 1959年水汽输送强度(立方米/年·厘米剖面)

Table 5. Intensity of moisture flux for 1959

地 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年	资料来源
库 车	313	270	486	659	486	729	999	1426	756	686	540	486	7836	[2]
和 田	346	270	270	297	613	632	119	-756	-146	-16	205	351	2185	
平 均	329	270	378	478	549	680	559	335	305	335	375	418	5009	

注: 向东输送为+, 向西为-。

E ——蒸发支出;

F ——河川迳流输出。

由于塔里木为典型的内流盆地, $F = 0$, 则 $R = E$ 。

从内流盆地塔里木来看, R 收入项实际上包括自然降水(R')和周围河流流水注入(F_{λ})两部分, 则:

$$E = R' + F_{\lambda}.$$

根据新疆维吾尔自治区《气候资料基本总结》(1963年)十三个台站统计, 塔里木盆地年降水约为43.7毫米, 计算结果 R' 约为147.53亿立方米。

又根据杨利普先生资料, 塔里木盆地周围山区每年出山径流总量为367.34亿立方米¹⁾, 全部注入盆地内, 属 F_{λ} 项, 则:

$$E = 147.53 + 367.34 = 514.87 \text{ (亿立方米)}.$$

这就是塔里木盆地的本地总蒸发量。与外来水汽合计, 则塔里木盆地上空每年共有水汽约为:

$$3005 \times 515 = 3520 \text{ (亿立方米)}.$$

当然, 上述水汽量只是过境水汽, 但是已说明了空中水汽含量并不缺乏, 只要有良好的降水激发因素, 就会有较多的降水, 反之, 就会白白流走。苏联欧洲中部的奥卡河流域, 根据帕哥乡(Х. П. Погосян)的资料计算^[4], 每平方公里上空的过境水汽约为56.8万立方米, 但年降水量平均达550毫米; 而塔里木盆地每平方公里上空的过境水汽约达66.7万立方米, 而年降水平均只有43.7毫米。前者的水汽含量只有后者的85%左右, 而降水却大于后者12倍多。可见, 塔里木盆地降水少, 是低空过分炎热, 露点温度差大, 难以达到饱和。有时虽然有一些降水, 也往往在降落的中途就又被蒸发。一些文献指出, 塔里木盆地夏季的零温层平均在600—500毫巴, 在500毫巴一带有一相当深厚的湿层^[2、3]。湿度中心位于盆地的西部偏北(图1、2)。只要有能流向周围高山的气流, 就能形成降水。

三、塔里木盆地的流场

新疆维吾尔自治区气象界一些学者提出了“塔里木低压”的概念。这是一种在塔里

1) 新疆河流年径流量的最近计算, 新疆地理, 1978年1期。

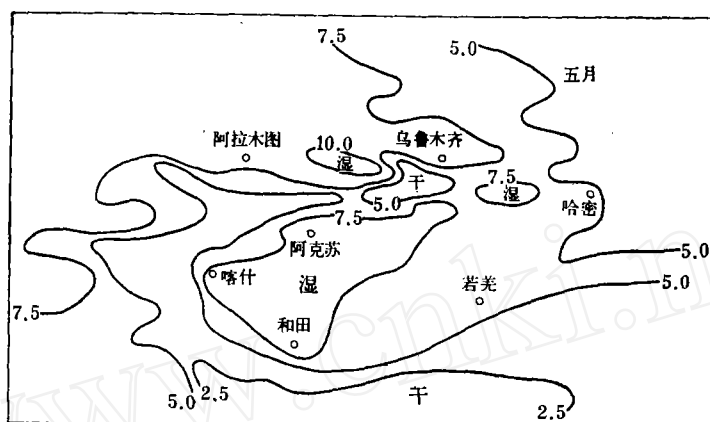


图1 五月份多年平均绝对湿度分布(约850mb)

(据高原气候图集资料)

Fig. 1. Distribution of mean humidity at 850mb in May for years (cf. the climatological atlas of Tibet)

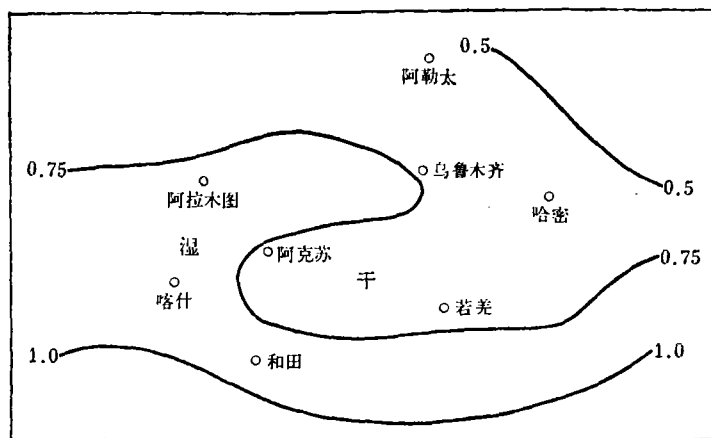


图2 五月份多年平均比湿分布(500mb)

(据高原气候图集资料)

Fig. 2. Distribution of the multi-year mean specific humidity at 500mb in May (ibidem)

木的地面图上至少有一根闭合等压线维持在12小时以上,在850毫巴等压面上有闭合低压环流,在850毫巴以上有向东北倾斜的暖脊或暖中心,可以造成风、降水和降温等现象的局地环流系统¹⁾。据上述学者研究,塔里木低压的产生和发展,是与乌拉尔槽前暖湿平流、塔克拉玛干大沙漠的热力影响、以及南天山的走向等地形综合作用有关,是高层动力性因子、低层热力因子通过盆地地形的动力作用的结果。又据新疆气象局普查,

1) 中国气象学会新疆分会、新疆维吾尔自治区气象局合编,新疆大型天气过程若干问题的研究,新疆科协印,1963年。

塔里木低压的频率如表 6。

表 6 1958—1962年塔里木低压平均频率

Table 6. Mean frequency of low pressure at Tarim during 1958—1962

月 份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
塔里木低压次数	0.0	0.3	2.1	1.8	2.1	1.0	2.0	0.8	1.5	0.3	0.3	0.0	12.2
锋进入次数 (冷锋/暖锋)	0	2/3	14/8	5/7	4/8	4/4	19/8	1/3	3/6	1/1	1/1	0	54/49

另据叶笃正先生等研究,在塔里木盆地的上空有受青藏高原影响的下沉气流,但这种气流并未下沉到盆地的底面,而是在中途又折向青藏高原形成一个环流^[5]。于是,当出现塔里木低压天气时,盆地中部上空存在着方向相反的两种气流,低层是由塔里木低压形成的辐合上升气流,高层是受青藏高原影响的下沉辐散气流。上升与下沉气流之间有一转变带,其流动方向是指向四周高山。

从表 7 看出,库车 5—7 月海拔 3000 米高度上,南向风比地面增加了 11—3%,而北向风则减少了 14—10%。另从表 8 看,库车 5—8 月,海拔 1500—3000 米之间,盛吹西南风,吹向南天山的西南坡。库车位于塔里木盆地北沿,靠近南天山,它的风向频率和盛行风的变化,反映了盆地局地流场上升与下沉气流的变化。

根据上述资料,我们设想了塔里木盆地的局地流场如图 3。在塔里木盆地的 5—7 月,尤其是在塔里木低压控制时,500 毫巴以下具有双层反向环流的流场特征。底层为辐合气流,其上为辐散气流,无辐散层的最大上升运动在 800 毫巴一带。700 毫巴上下有流向南天山的气流层,厚度(5—7 月)约 2000 米左右。于是,在南天山

表 7 库车累年各月各高度风向频率(%)

Table 7. Frequency of wind directions at different heights in different months at Kuche county

风 向		海 拔 高 度 (m)							
		地 面	1500	2000	3000	4000	5000	6000	7000
五 月	330—50 (N)	28	19	16	14	15	13	8	8
	130—210 (S)	9	9	13	20	13	9	7	6
六 月	330—50 (N)	29	27	22	19	20	16	10	8
	130—210 (S)	10	10	13	20	18	10	5	3
七 月	330—50 (N)	32	25	27	20	24	16	6	4
	130—210 (S)	12	9	12	12	10	7	4	3

注:据新疆维吾尔自治区气候资料基本总结,1963年;高空气候资料,1965年。

表 8 库车累年 1500—3000 米逐月盛行风向、风速变化

Table 8. Variation of wind direction and wind velocity at 1500—3000m height in different months for years

层 次 (m)		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1500	风 向	250— 269°	250— 269°	230— 249°	230— 249°	210— 249°	210— 249°	210— 249°	210— 249°	230— 249°	230— 249°	250— 269°	250— 269°
	天 数	22	22	19	18	12 15	12 9	11 13	14 17	18	21	27	22
	风 速(m/s)	3.9	3.7	4.6	5.0	4.4 4.5	5.3 4.9	4.5 4.9	4.4 4.9	4.9	4.5	4.0	3.2
2000	风 向	250— 269°	250— 269°	250— 269°	250— 269°	230— 249°	230— 249°	230— 269°	230— 269°	250— 269°	250— 269°	250— 269°	250— 269°
	天 数	22	21	17	17	14	11	9 10	12 13	17	22	21	20
	风 速(m/s)	6.8	4.2	4.9	4.7	4.7	4.9	4.6 5.0	4.4 5.1	4.9	4.8	3.9	3.4
3000	风 向	250— 269°	250— 269°	270— 289°	270— 289°	250— 269°	270— 309°	250— 289°	250— 289°	250— 269°	250— 269°	250— 269°	250— 269°
	天 数	20	19	24	17	13	11 11	10 11	13 12	16	23	21	25
	风 速(m/s)	10.3	5.6	6.5	5.6	5.3	5.3 5.2	5.7 5.5	5.6 5.0	6.2	6.5	6.3	6.8

注：据高空气候资料，中央气象局，1973年。

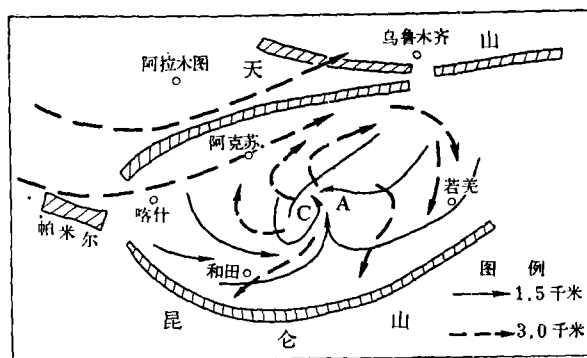


图 3 塔里木盆地局地流场

Fig. 3. Local current field at Tarim Basin

附近，低层是相反于高层的垂直环流，气流成西南方向并叠加于西风带上。这种叠加的本身就加强了西风对南天山的影响，同时又带来了塔里木盆地的水汽，形成地方性降水。至于冬季，上述局地流场消失，主要为西风控制，塔里木盆地对南天山的影响也就消失。

图 4 表明，南天山 7 月份的降水日数较多，估计与上述塔里木盆地的特殊流场有关。

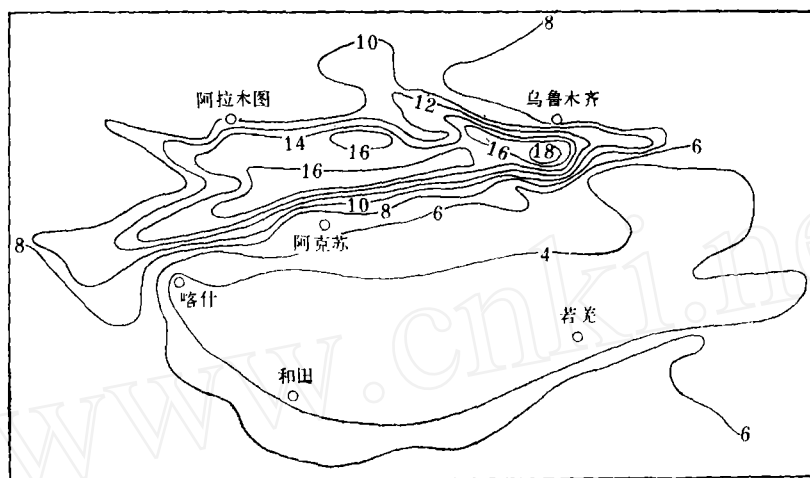


图4 七月份多年平均降水日数(据高原气候图集资料)

Fig. 4. Mean days of precipitation in July for years
(cf. Climatological atlas of Tibet)

近年来,研究南天山托木尔峰冰川的一些学者,通过对大气降水中氙的含量、冰雪杂质元素的分析,以及对高空风的直接观测指出,海拔4000米以下气流有偏南分量,并带来南疆盆地和山区森林、草原带的水汽^[6]。他们的研究可以作为我们上述看法的验证。

新疆水文总站对新疆暴雨进行了分析,指出,1975年天山共有暴雨62次,占全新疆的80%¹⁾。在天山暴雨中,42%又处于南坡的阿克苏-开都河流域一带(表9)。暴雨的路径,基本上是由南疆西北部进入,沿天山南坡托什干河流域、渭干河流域、开都河流域而折向东北(图5)。对暴雨的分析表明,塔里木盆地上空的水汽并不缺乏,足以形成南天山高山区较丰沛的降水。而处于塔里木盆地北沿的南天山又具有较有利于降水的流场形势,是塔里木盆地流场的一部分,也验证了我们上述关于流场形势的看法。

表9 1975年天山暴雨分布

Table 9. Distribution of heavy rainfall in Tian Shan Mts.

地 区		次 数	占总计比例 (%)
东 天 山		7	11
中 天 山	北 坡	22	36
	南 坡	26	42
西 天 山		7	11
总 计		62	100

1) 陈家航,新疆的暴雨(一),新疆水文总站,未刊。

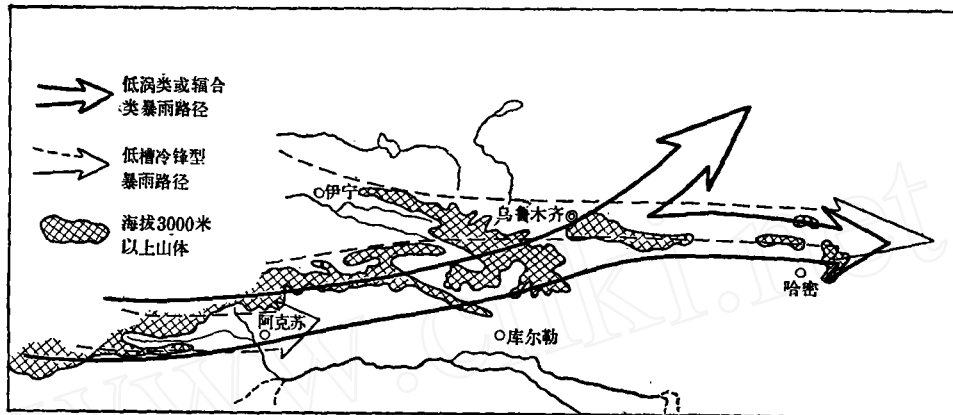


图5 天山暴雨走向路径示意图(据陈家航资料)

Fig. 5. Schematic map of traces and direction of heavy rainfall in Tian Shan Mts.

四、结 语

塔里木盆地以其盆地地形和浩瀚的塔克拉玛干大沙漠, 与其周围高山共同形成一种特殊的局地流场。在上空800毫巴以上, 产生流向南天山的西南气流。它一方面与西风气流叠置而加强了西风气流, 另方面能将地方性水汽带到南天山的高山区, 形成地方性降水。这些降水与西风气流降水、北方气团降水等共同成为发育较大规模冰川的物质基础。但是, 在800毫巴以下的低层气流, 属于干热性质, 加速了冰川的消融, 不利于冰川发育。

参 考 文 献

- [1] А.Н. Диких, Основные особенности условий существования современного оледенения Тянь-шаня, Оледенение Тянь-шаня, Из «илия» фрунзе, 1976.
- [2] 陈汉耀、丘宝剑、左大康、范治源等, 新疆气候及其和农业的关系, 新疆综合考察丛书, 科学出版社, 1963年。
- [3] 陈恩久, 新疆的沙漠气候, 1960年全国地理学术会议论文集(自然地理), 科学出版社, 1962年。
- [4] 帕哥乡(Х.Логосян)著, 陶诗言、杨鉴初译, 大气环流, 财经出版社, 1957年, 北京。
- [5] 叶笃正、杨广基、王兴东, 1979, 东亚和太平洋上空平均垂直环流, 大气科学, 3卷1期。
- [6] 寇有观、苏珍, 1981年, 托木尔峰降水随高度的变化及其对冰川的补给作用, 科学通报, 2期, 115页。

(本文于1982年7月19日收到)

A Preliminary Discussion on Influence of Tarim Basin upon the Glacier Development in Southern Tian Shan Mountains

Wang Zongtai and Han Yuanjie

(Lanzhou Institute of Glaciology and Cryopedology, Academia Sinica)

Abstract

The southern part of Tian Shan Mountains is located on the northern border of the great, dry and sultry Tarim Basin and situated on the northern edge of the Qinghai-Xizang Plateau where the high pressure takes a downward depression. Those two factors seem to be unfavorable for glacier development. But however, the glaciers here have a size greater than all the others in the central part of Tian Shan Mountains. The author of this paper discussed and suggested that a special local circular current between the southern Tian Shan and the Tarim Basin has made the change. During the summer period (May to September) there exists SW current flowing toward the southern slope of the southern Tian Shan Mountains at the 800mb-700mb layer. Meantime there is a thick wet layer over the Basin due to the convergence effect of the warm pressure, and a closing humid center above the western part of the Basin forms. Consequently, the local SW current brings up the warm vapour to alpine region of the mountains, and creates local rainfall, which joins with the west wind trough and the cold air mass from the north and forms the material basis for the large scale development of glaciers in this region.

This local SW current is the joint product of the specific landform of the Basin and the thermal and dynamical effects of the desert ground surface. The convergence of the warm low pressure at the bottom and the down depression divergence of the warm high pressure over the top (tilt to the NE) are important to the development of glaciers. This problem is worth for further study.