

2003年7月26日宮城県北部の地震の被害と液状化現象

木村 克己¹⁾・宮地 良典¹⁾・植木 岳雪¹⁾

1. はじめに

7月26日未明から夕方にかけて、宮城県北部でM5.5, 6.2, 5.3の一連の地震が発生した。これら一連の地震の震央はほぼ南北に伸びる旭山丘陵付近に位置しており、その丘陵周辺の矢本町、南郷町、鳴瀬町で震度6強を記録した。被害の多くは朝方に発生した本震(M6.2)によって引き起こされた。地殻内部の深さ12kmの直下型地震であった。震源要素と被害について、比較のために今年5月26日の宮城県沖の地震と1978年宮城県沖地震についてもあわせて第1表にまとめた。本地震による地表断層は確認されていないが、旭山^{しょうきよく}丘陵の直下に伏在する逆断層の活動との関連が議論されている(詳細は本号の吉岡ほかを参照)。地震被害は宮城県北部の田園地帯、鳴瀬町、矢本町、南郷町、鹿島台町、河南町の狭い範囲に集中し、家屋被害、ブロック塀倒壊、道路の亀裂・沈下、地盤沈下、堤防被害、液状化被害などが発生した。

産総研 地球科学情報研究部門では、都市地質プロジェクトメンバーが、地震発生直後から情報を収集し、5万分の1地質図幅「松島」「涌谷」、20万分の1「石巻」を活用して、旭山丘陵、石巻平野周辺の地質資料を整備し、その解説を速報として地質標本館で展示した。ちょうど2ヵ月前には宮城県沖の地震が発生し、我々は新幹線橋脚被害の調査を実施したところで、矢継ぎ早に対応が迫られた(宮城県沖の地震の調査報告については、本号の宮地ほかを参照)。

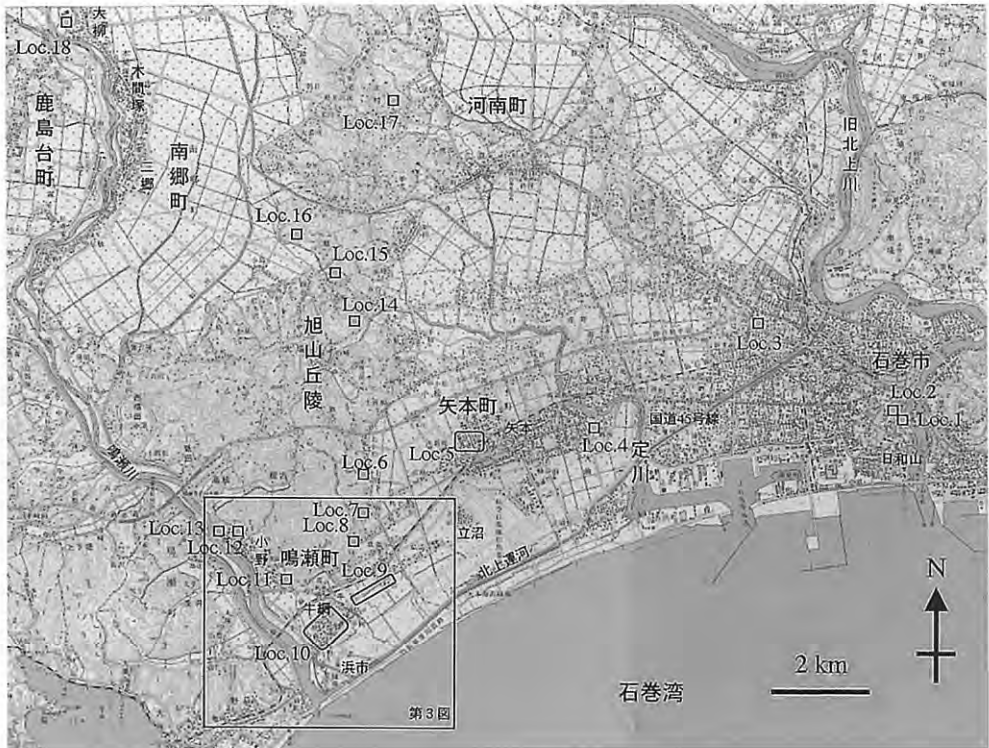
現地調査は、これまで3回実施した。第1回調査では地震被害の概要把握を目的に、被害中心地域を横断するように、石巻市から矢本町、南郷町、鳴瀬町と各地を観察して回った。第2回では鳴瀬町牛網地区を中心に浜堤と堤間湿地間での地震被害の比較調査、第3回では鳴瀬町小野、牛網、浜市地区における液状化に伴う地震被害の調査を実施した。調査報告地点を第1図に示す。また、石巻市役所、矢本町役場、鳴瀬町役場、土地改良区、

第1表 2003.5.26宮城県沖の地震、2003.7.26宮城県北部の地震と1978年宮城県沖地震による地震被害の規模。

		宮城県北部の地震	宮城県沖の地震	1978年宮城県沖地震
震源要素	発生年月日	2003年7月26日	2003年5月26日	1978年6月12日
	発生時刻	午前7時13分	午後6時24分	午後5時21分
	震央	旭山丘陵	宮城県気仙沼沖	宮城県金華山沖
	マグニチュード	6.4	7.0	7.4
	最大震度	6強	6弱	5
	深さ	12km	71km	40km
被害額		234億円	174億円	2,688億円
人的被害	死者	0	0	27
	負傷者	677	174	10,962
住宅被害	全壊	1,273	2	1,377
	半壊	3,693	21	6,123
	一部損壊	11,592	2,342	12,537
	住家被害計	16,558	2,365	132,870
		(消防庁,2003b)	(消防庁,2003a)	(宮城県,1980)

1) 産総研 地球科学情報研究部門

キーワード: 宮城県北部の地震, 宮城県沖の地震, 液状化, 噴砂, 地震被害, 旭山丘陵, 鳴瀬川, 鳴瀬町



第1図 調査報告地点の位置図(国土地理院発行の5万分の1「石巻」[「松島」]の地形図を利用)。

県産業振興課、下水道局などの関連機関を回り、現地の被害情報を収集するとともに、地下の地質調査資料の提供を受けた。なお、今年度、鳴瀬町牛網・浜市地区で広範囲に発生した液状化被害について、S波ランドストリーマ探査、比抵抗探査、ボーリング調査等の詳細調査を実施する予定である。本報告では、緊急現地調査の内容を中心に地震被害の特徴を紹介する。

2. 地形・地質と被害概要

地震被害が顕著な地域は、南北方向に延びる北上低地帯の南縁部にあたり、地形的には沖積低地と旭山丘陵をはじめとする丘陵地からなる低地である(第2図)。中央部を旭山丘陵が南北方向に延びその東に浜堤列平野、西には氾濫原平野が広がる。丘陵は新第三系の砂岩・泥岩・凝灰岩から構成され、100m以下のなだらかな地形をなしている。浜堤列平野は石巻平野と呼ばれ、小高く東西にのびる浜堤列とその間をしめる湿地帯とが交互している。氾濫原平野は鳴瀬川に伴って発達した

自然堤防とその後背湿地とからなる(第2図)。

地震被害は旭山丘陵とその周囲の沖積低地の限られた範囲に集中的に発生しており、その地帯の形状は3ヵ所の震央を中心とした楕円形をなしている(第2図)。家屋被害では、全壊家屋が1,300件近い規模となり、5月の宮城県沖の地震よりはるかに多い(第1表)。倒壊した家屋には古い住宅が目立つ。古い建物は重い瓦屋根、開口面積が広く壁量の少ない伝統的な在来軸組工法による伝統的な農家の一般的特徴をもっている。こうした家屋は耐震性が低いと判断されている。また、78年宮城県沖地震で18名もの死者を出したブロック塀倒壊についてみると、矢本町だけでも1,046ヵ所(矢本町, 2003)でブロック・岩石塀の破損・倒壊があった(口絵4-3)。岩石塀は多くが軽石凝灰岩を用いた塀であり、鉄筋が使われていないためくずれやすい。この岩石は地元で野蒜石と呼ばれ、鳴瀬町野蒜の丘陵を構成する松島層群松島層から切り出したものである。今回幸い人的被害がほとんどでなかった。それは本震の発生が早朝でかつ夏休み期間中であったことが幸いしたことが指摘されている。



第2図 旭山丘陵周辺の地質図(5万分の1地質図幅「松島」「浦谷」より引用；石井ほか, 1984, 高橋・松野, 1969)。

3. 被害程度の地域変化—石巻市から矢本町にかけて—

地震被害程度の地域変化が、被害中心区を東西に縦貫して走る国道45号線沿いで観察することができた。我々は石巻平野の東縁部に位置する石巻市から調査を開始した。石巻市は被害中心区の東方に位置しているが計測震度で震度5強を記録している。市街地では屋根瓦の被害も含めて地震被害がほとんど認められなかった。むしろ5月26日の宮城県沖の地震で震度6弱を記録し、その時の方が揺れも大きかったという。大半の市街地は幅広く発達した浜堤上を占めているが、市役所などがある市中心部は主に中新統の礫岩からなる日和山台地の上に位置している。石巻市役所 (Loc.1) を訪問して被害状況をたずねたところ、石巻市では従来から地震のたびに被害が発生する蛇田や向陽町などで屋根瓦の損壊、外壁の亀裂など家屋の一

部損壊があるとのことであった。これらの地域は旧河道や湿地帯で水田であったところの宅地開発地で地盤が悪い。一方市役所内ではロッカー上に詰まれたダンボール箱さえ落ちることがなかったという。地盤の良し悪しによる地震被害程度の地域差が明瞭である。市役所近くの墓地 (永巖寺; Loc.2) を観察したところ、墓石・灯籠は移動することさえなく何の被害も受けていなかった。蛇田字裏にある墓地 (Loc.3) では10%近い墓石が回転・移動し、数%の墓石が転倒していた。転倒していた墓石では北東-南西方向に倒れているのが目立った。

石巻市から矢本町、鳴瀬町を東西に走る国道45号線沿いに西へ向かう。途中、屋根瓦の損壊を示すブルーシートをかぶせた屋根がほとんど車から見られなかったが、石巻平野中央部を南へ流れる主河川である定川を越えると急に見え始める。この辺りから浜堤列上に

矢本町矢本の集落が続く。矢本の集落内を1km西へ走るとブルーシートをかぶせた屋根が頻繁に認められるようになる。家屋やブロック塀の倒壊もまれに認められる。矢本の東端付近に位置する墓地 (台昌院; Loc.4) では20%近い割合で墓石が倒壊し、東西方向、特に西へ倒れている墓石が多く認められた。ただしここでは5月26日に発生した宮城県沖の地震でも墓石の倒壊がありそれが補修されないうちに再び地震被害にあったとのことであった。近くにあるコンビニ店で聞くと、先の地震では被害は軽微だったが今回は柵のものが多数落下したとのことなので、墓石の損壊も今回が5月に比較し大きかったものと推定される。後述する墓地のように、被害中心地区内の墓地では地盤の良し悪しによって被害程度は変化するが、半数近い墓石が倒壊しているケースが多い。

また、被害中心地区内では、道路沿いの陥没とマンホールの浮き上がりによる被害が目立った(口



写真1 道路面の沈下とマンホールの浮上がり。沈下被害を受けた道路では、写真にあるとおり砂利で応急修復されている(鳴瀬町小野; Loc.12)。



写真2 道路面の沈下と電柱の傾き。堤間湿地帯を走る道路で、道路面の沈下の被害が大きい。前方に浜堤上にある鳴瀬町牛網の集落が見える。

絵4-4; Loc.6)。道路交通のさまたげになるだけでなく、著しい場合は下水管に亀裂・破損が発生する。この陥没は、道路面下に施設された下水管の埋土部分に沿って、道路面が沈下して生じる。その分マンホールが相対的に浮き上がって見える。埋土としては砂が使われており、ゆる詰めであるため周囲の地盤に比べて液状化しやすい。そのため、埋土の砂が液状化によって体積が減少して道路面が沈下したと考えられている。といっても、今回この道路面の陥没に伴う液状化を示す噴砂などの痕跡は地上には見られなかった。1993年の釧路沖地震では釧路町でマンホールが最大1.3m歩道面から浮き上がったが、これは砂層の液状化によってマンホールがその浮力によって浮き上がったものと解釈されている(土質工学会, 1994)。しかし、本地震によるマンホールの浮き上がりは大半が見かけのものであった。矢本町矢本でも国道から一步離れて南北の一般道に入ると、いたるところで、幅1-2m、数cmから10cmの深さで道路面が沈下しマンホールが相対的に浮き上がっているのが観察された(Loc.5)。ところどころ応急処置として砂利で陥没したところを埋め立てている(写真1)。鳴瀬町牛網は幅広い浜堤上に立った集落であるが、ここではいたるところで道路の陥没が下水管道に沿って発生していた(Loc.10)。牛網地区の東に広がる堤間湿地帯を走る道路では地盤が浜堤に比べて軟弱であるためか、下水管道に沿って陥没が最大20cmとより大きく、電柱も殆どが数度前後傾いていた(写真2; Loc.9)。

4. 旭山丘陵の地震被害

旭山丘陵では、斜面の崩壊が頻発した。砂防学会の災害調査報告によれば、その多くは丘陵の縁辺部で発生しており、危うく土砂崩壊の直撃をまぬがれた家もあるとされている(砂防学会, 2003)。崩壊様式の特徴は構成する地質との関係が深いようだ。丘陵地南部では中新統下半部の溶岩、凝灰質砂岩、粗粒砂岩(松島層群に相当; 石井ほか, 1984)など固い岩石が分布しており、急な崖をなす自然崩壊地が発達している。旭山丘陵の南東縁では自然の崖が1kmほど続いているが、そこで比較的大規模な崩壊が発生している(口絵3-6, 写真3; Loc.8)。今回の地震で落下した砂岩のブロックはハンマーでも簡単に割れないほど堅固であった。一方中部と北部では旭山撓曲をはさんで、その西側では中新統上半部の主に砂岩(志田層群三ツ谷層相当; 石井ほか, 1984)が分布している。砂岩はトラフ状の斜交葉理が発達した河川成堆積物であると推定される。この砂岩は各地で砂資源として大規模に採土され、5-15m高の急な崖がつけられている(写真4; Loc.16)。その急な斜面の表層が樹木とともに崩壊しているケースが多い(口絵3-5; Loc.15)。風化した崖表面の砂岩は簡単にくずれおち、崖の麓には扇状地状に砂体が作られている。その回りに大小の塊状の砂岩が散在しているが、両手で押すと容易にくずれて砂粒になるほどにもろい。撓曲の東側では鮮新世のやわらかい砂層・シルト層が卓越していて、ゆるやかに起伏し



写真3 旭山丘陵の急崖での岩石崩壊。自然に形成されていた崩壊地で新たに崩壊が発生した(鳴瀬町鹿妻; Loc.8)。

た地形をなしている。堆積物は未固結の浅海成堆積物で、淘汰が良いとされている(石井ほか, 1984)。直接露頭を確認できなかったが、砂層は海浜の砂のようにさらさらしているとのことである(産総研 柳澤幸夫氏からの伝聞)。この地域では、斜面を改変した人工盛土部分で地震被害が発生した。特に、河南町北村では、北村小学校建物の鉄筋コンクリート柱が剪断破壊され、校庭では噴砂を伴った不同沈下や無数の地割れが発生したことが報告されている(Loc.17; 地盤工学会, 2003など)。同小学校は倒壊の恐れがあることから立ち入り禁止となった。

なお、家屋の地震被害に関して、地震発生翌日から各町によって被災建築物応急危険度調査がなされており、立入りが禁止される「危険」、文字通り「要注意」、小さな被害でそのまま利用可能な「調査済み」とに判定区別され、それぞれ色でも区別された判定紙が建物に張られた。

道路被害については、一般に丘陵内の道路は谷底低地を盛土するなど、盛土の高さが高く、基礎部の地盤が軟弱な場所を選択的に被害が発生していた(口絵3-3, 4)。

旭山丘陵の麓沿いの集落では、屋根瓦の破壊、ブロック塀の倒壊、道路の陥没・亀裂、マンホール・防火水槽の浮き上がりなどの被害が目立った。麓に立地する矢本町の願成寺(Loc.7)や清泰寺(Loc.14)では石灯籠のほぼすべて、墓石の50-70%が倒壊していた(写真5)。なお、新しい墓石で



写真4 採土によって作られた急崖。志田層群三ツ矢層の砂岩が採掘されている(矢本町三郷; Loc.16)。



写真5 墓石の倒壊被害。古い墓石の大半は倒壊しているのに対して、黒い墓は鉄筋などの心棒で補強されているために被害は小さい(矢本町大塩地区の清泰寺; Loc.14)。

は芯があるため倒壊をまぬがれ回転変位しているものが多かった。

5. 沖積平野の地震被害と液状化

旭山丘陵の東に広がる石巻平野は、浜堤列平野であり、古くからの集落は東西方向にのびた小高い砂地盤の浜堤上に位置している(第1, 2図参照)。一方矢本町立沼などの新興住宅地や役場、学校などの鉄筋コンクリートの低・中層公共建築物は浜堤の間に広がる湿地帯に立地している。同様のことが、鳴瀬川付近に広がる氾濫原平野の自然堤防地と後背湿地についてもあてはまる。こうした立地する地盤条件による家屋被害程度の違いは簡単には確認できなかった。地盤が相対的に安定している浜堤では、伝統的な在来軸組工法による古



写真6 鉄筋コンクリート建物周囲に認められる地盤沈下と噴砂痕。建物は背湿地上に建設されており、周囲の地盤が不同沈下を起こしている(鳴瀬町小野の中央公民館; Loc.11)。

い家屋が多いのに対し、地盤が不安定な湿地では新しく宅地開発されてから建った新建材の家屋が多いという事情もあるように思える。建築学会が系統的に建物被害調査を実施しており、その詳細な調査報告で家屋被害と地盤特性との関係については吟味されよう。

鳴瀬川の後背湿地上に位置している鳴瀬町小野の鳴瀬町役場や中央公民館(Loc.11)では壁や柱に被害は認められなかったが、周囲の地盤が10-30cm沈下し(写真6)、沈まなかったマンホールが相対的に浮き上がっていた。やはり後背湿地に立地する小野小学校(Loc.13)でも被害が大きく、同町教育委員会の調査資料によると、鉄筋コンクリート柱に剪断破壊による亀裂などが生じたとされている。

液状化被害

調査で液状化による噴砂や被害を観察した地点は、鳴瀬町浜市・牛網地区、南郷町大柳地区の2地点であった。今回の地震ではこのほか南郷町二郷地区、木間塚寺前地区、鳴瀬町小野、鳴瀬町野蒜地区保養センター、河南町北村地区北村小学校、河南町北和淵地区の旧河道跡、石巻港日和埠頭、などで噴砂を確認したという報告がある(地盤工学会, 2003, 基礎地盤コンサルタンツ(株), 2003など)。液状化現象は、今回の地震だけでなく、5月26日の宮城県沖の地震でも発生している(地盤工学会, 2003)。特に、以下に紹介する鳴瀬町浜市・



第3図 鳴瀬町周辺の地質図(石井ほか(1984)の5万分の1地質図幅「松島」より引用)。噴砂丘・陥没地の分布範囲を示す。

牛網地区では、両地震で液状化が発生しており、噴砂の分布からみると、今回の地震よりも宮城県沖の地震でより広範囲にわたって液状化が発生したものと考えられる。ここでは両者を区別せずに液状化被害の実態を紹介する。

鳴瀬町浜市・牛網地区の南部は浜堤とその周辺に広がる湿地帯に位置しており、南端を区切るように海岸線に沿って明治期に施設された北上運河が東西に流れる(第2, 3図)。湿地帯と北上運河沿いの一部の浜堤は水田ないし大豆畑として利用されている。ここで3ヵ所、合計約0.5km²におよぶ広い範囲で噴砂とそれに伴う亀裂が認められ、その北側には約2km²にわたって陥没地が分布している(第3図)。噴砂や陥没地の分布は、地震後撮影された1/8,000カラー空中写真から整理した。噴砂は直径2-10mのだ円形の広がり10-30cmの比高をもった噴砂丘をなしており、中央部に噴砂口や亀裂を伴う(口絵2-1, 2-2)。噴砂はいずれも淘汰の良い貝殻を伴う海浜成の砂からなるが、噴砂丘の周囲には暗灰色の泥がたまっており、泥も噴きあがったことを示している。陥没地は大きなものでは、一つの区画が50m×200mの面積、落ち込みは最大30cmに達する(口絵2-5)。陥没地の中にはいく



写真7 液状化による墓石の被害。液状化により墓石の土台が写真左下方向に傾いている。その上の墓石では傾きを補正するためにブロック片が使われている。土台の回りには噴砂痕が認められる(南郷町大柳; Loc.18)。

つかの噴砂丘を有するものもある。噴砂の分布は、農道や用水路沿いに配列することが多いことから、液状化した砂が噴きあがるときにそうした道や水路が構造的弱線として利用されたものと推定される。噴砂の分布が高密度であることを考え合わせると、液状化を起こした砂層は噴砂が分布する地点だけでなく、周囲も含む広い地域にわたって地下の砂層が液状化を起こしたものと推定できる。液状化によって、農作物への被害(口絵2-1, 2-5)、用水路の機能不全(口絵2-3)、道路の亀裂・沈下(口絵2-4)等の被害が発生している。

南郷町大柳地区にある王蓮寺内の墓地一帯(Loc.18)で、液状化に伴って墓が土台から傾いたり、アスファルト道が東西軸で盛り上がるなどの地盤変状と噴砂痕を確認した(写真7)。墓石も半分近い墓石が倒壊し噴砂起源と推定される砂に埋もれている墓石もあった。寺の本堂の柱・束柱に剪断破壊などの被害が認められた。同地区の集落は鳴瀬川に隣接する自然堤防に立地しているが、この寺はその縁辺に位置している。このような自然堤防の縁辺や後背湿地での噴砂の形成は、南郷町二郷地区の東光寺、鳴瀬町小野の勤労者体育センター、中央公民館(写真6; Loc.11)でも確認されている(地盤工学会, 2003, 基礎地盤コンサルタンツ(株), 2003)。こうした川に隣接した自然堤防の縁辺や後背湿地、旧河道では地下水位が高く液状化しやすいことが従来からも指摘されている。

6. おわりに

近い将来、宮城県沖地震が高い確率で発生することが政府の地震調査研究推進本部によって予測されている。そのためもあって、5月26日宮城県沖の地震と7月26日宮城県北部の地震について、研究機関、関連学会の対応が早く、建築・土木、地震等の分野を中心に多くの調査・研究がなされた。その成果も翌日にはインターネットを通じて調査結果が紹介されるなど迅速な状況把握に大いに貢献した。地質調査総合センターとしても本号での災害調査レポートにある通り、地質学的視点からの地震被害調査として、社会に情報を発信することができるように取り組んだ。今後、地震被害対策に貢献できるように、顕著な液状化被害を受けた鳴瀬町牛網・浜市地区において引き続き詳細な調査を実施する予定である。

本調査にあたり、貴重な資料の提供を受けました鳴瀬町、石巻市、矢本町の各役場、宮城県東部下水道事務所、石巻産業振興事務所の方々には厚くお礼申し上げます。最後に今回の地震により被災された方々に心からお見舞い申し上げます。

文 献

- 石井武政・柳沢幸夫・山口昇一・寒川 旭・松野久也(1984): 松島地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 121p.
- 土質工学会(1994): 1993年釧路沖地震・能登半島沖地震災害調査報告書, 404p.
- 地盤工学会(2003): 2003年三陸南地震・宮城県北部地震災害調査報告書, 141p.
- 基礎地盤コンサルタンツ株式会社(2003): 平成15年7月26日宮城県北部の地震, WEBページ<http://www.kiso.co.jp/>.
- 宮城県(1980): '78宮城県沖地震被害の教訓。宝文堂, 406p
- 砂防学会(2003): 「2003.5.26宮城県沖の地震および7.26宮城県北部の地震による斜面崩壊調査団」, 2003, 2003年7月26日宮城県北部地震災害報告(速報), 7p.
- 消防庁(2003a): 宮城県沖を震源とする地震(第27報), PDF, 2003.7.2, <http://www.fdma.go.jp/>.
- 消防庁(2003b): 宮城県北部を震源とする地震(第40報), PDF, 2003.10.24, <http://www.fdma.go.jp/>.
- 高橋兵一・松野久也(1969): 涌谷地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 26p.
- 矢本町(2003): 地震による被害状況, PDF, 矢本町WEBページ.

KIMURA Katsumi, MIYACHI Yoshinori and Ueki Takeyuki (2003): Damage and liquefaction caused by the 2003.7.26 Miyagiken-Hokubu Earthquake.

<受付: 2003年8月20日>