

Study of Meteorological Elements and Evaporation Near Surface

李 富龍*

A new method is used to estimate the amount of water evaporation from Class A Pan with higher precision and accuracy. The principle of method is to detect the weight change of a buoyant sinker resulting from a change in water level of Class A Pan. A strain-gauge load cell is used to measure the weight change. Field observation of evaporation was done at Pohang Meteorological Station from June 24 to August 4, 2002. By using this new method, it is possible to measure hourly evaporation accurately even under a strong solar radiation and wind disturbance, enabling a direct comparison of evaporation with other meteorological elements. At night, under low humidity and high wind speed conditions, more evaporation was recorded than during daytime. Maximum evaporation rates observed during this period exceed 1.0 mm/hour under sunny and windy conditions with low humidity. To understand relationships between meteorological elements and latent heat flux at ground level, we suggest intensive field experiments using high accuracy evaporation recording instruments with hourly time interval.

アンモナイトの化石分布域は “真の”生息域を表しているのか？ －流水路実験からのアプローチ－

和仁 良二*

アンモナイトは、恐竜が生息していた太古の時代に海洋で大繁栄していた。彼らが化石になるためには、(1) 海底に沈み、(2) 堆積物中に埋没しなければならない。アンモナイトは絶滅生物なので、(1) 化石情報のみからこれらの歴史を推測しなければならない、(2) 殻の挙動を直接的に実験・観察することができない、などの制約がある。したがって、これまでの研究では、化石情報から比較的容易に読みとることのできる、埋没後の殻の破損や溶解に議論が集中していた。しかし、アンモナイトの死後、埋没するまでの運搬作用（例えば、どれほど流されるのか）を明らかにすることは、化石の分布域から“真の”生息域（特に水平的な広がり）を決定するうえで極めて重要である。そこで私は、殻形態が類似した現生オウムガイを用いたアナログ実験を行ってきた。その結果、殻を破損させる要因が異なれば、それに応じて破損パターンも異なることが明らかになった。これによって、化石における破損パターンを認識すれば、その破損要因を推定することが可能になった。しかし、殻の破損を伴わない運搬を評価することは、いまだ極めて難しい。そこで、これからは流水路を用いて実際に殻を流し、その流れ方や流された殻の向きを明らかにしたいと考えている。これらの実験結果をもとに、化石の産状から殻が埋没するまでの歴史を、さらに詳細に復元する手法論の確立を目指していきたい。

* Department of Environmental Science, Catholic University of Daegu, Korea

* 国立科学博物館

Contrast in Hillslope and Channel Response to Two Large Storms, Northern California, USA

Mary Ann Madej*

Large storms are important in triggering erosion processes on steep, forested terrains. However, the specific size, intensity, and sequencing of such storms, as well as land management activities and underlying bedrock, influence the type and frequency of hillslope and channel processes. In 1964 a large flood caused extensive landsliding in the Redwood Creek catchment, and channel aggradation was concentrated in upper Redwood Creek. Floods in the 1970's resulted in additional landsliding, but aggradation was most severe in downstream reaches. In contrast to the 1964 storm, the 1997 event in Redwood Creek produced almost an order of magnitude less material from mass movements. Landslides due to a storm in 1997 were most highly concentrated in areas of previous failures (on steep inner gorge slopes). The 1997 landslides delivered about 720,000 Mg of sediment to the Redwood Creek channel network, which represents 45% of the total sediment transport in Redwood Creek for the entire 1997 water year.

By 1997, fine-grained deposits from former floods in upper Redwood Creek were well vegetated and eroded very little during the 1997 flood. In contrast, the 1997 flood caused several changes in downstream reaches. Here the channel aggraded locally and fill terraces eroded laterally.

Sediment supply and channel response are influenced by the sequencing of floods, development of channel bed armor, and degree of revegetation of alluvial deposits.

* Western Ecological Research Station, Redwood Field Station, USGS, USA

樹木年輪が語る利尻島 土石流攪乱の歴史

菊池 俊一*

流域は水系とそれを取り囲む斜面から構成される一つの地形単位であり、水を介して物質・エネルギーが移動する空間である。同時に、自然環境と人間社会の両者が時間軸上で変動する空間単位でもある。しかし、現代人の生活様式が静的環境を前提としているが故に、とくに自然環境に関しては、その動的認識が広く一般化していない。

流域生態系の主構成要素である森林樹木群は、短～中期にわたる立地環境変動によりその姿を時間的・空間的に変化させる。したがって、樹木群の構造・形態は環境変動に対する樹木応答の時間的累積結果であると考えることができ、これを時系列解析することにより、流域内の同一立地に長期的に生育してきた樹木群の生活史を通して流域環境変動履歴を解明することが可能である。

今回は、北海道北部利尻島のオチウシナイ川で頻発する土石流攪乱を対象に、土石流堆積物埋没樹木群や生育樹木群から得られた年輪の樹木編年学的解析からその攪乱履歴を探る試みについて報告した。まず、現在生育する樹木から利尻標準年輪幅系列を作成し、土石流堆積物に埋もれ枯死した樹木群の年輪幅系列とクロスデーティングすることにより、1870年代、1890年代、1950年代前半、1960年代後半にオチウシナイ川扇頂部は土石流攪乱を受けたと推察された。また、河床からの比高が高く横断距離も離れている安定域と、比高が低く河道に近い土石流攪乱影響域の樹木群の年輪幅系列に関して相関を見てみると、安定域に比べ、土石流攪乱影響域の年輪幅変動の個体間における同調性が低かった。つまり、樹木群にとって強い規制要因となる攪乱現象に関しては、それが卓越する地域の抽出や面的規模の推定が樹木群情報より可能であると言える。ただし、現時点では樹木編年地形学 (Dendrogeomorphology) 的新手法開発の芽生え期にあるに過ぎず、今後もデータ蓄積や議論を重ねていきたい。

* 北海道大学大学院農学研究科

Transport Capacity Reconsidered

Thomas E. Lisle *

Sediment transport capacity mediates the transfer and storage of bed material between alluvial reservoirs in a drainage system. Understanding the movement of bed material is key to understanding sediment routing and the evolution of alluvial landforms in gravel-bed river systems—even those whose sediment load is dominated by suspended sediment and washload. Along with bank accretion by suspended sediment, erosion and deposition of bed material molds the channel that transfers all sizes of sediment through the system and from channel to floodplain.

Transport capacity at a given point along a drainage network appears constant or dynamic depending on whether the time scale of observation is equal to that of the passage of a sediment pulse or an episode of aggradation and degradation. At intermediate time scales (10^0 - 10^2 yr) corresponding to the evolution of sediment pulses, conditions governing bed-material transport capacity under the hydrologic regime respond to variations in storage and sediment flux as pulses extend, overlap, and attenuate through the network. The pulse scale is most relevant to land management because it spans the progress of sediment-related impacts such as inundation, flooding, and effects on aquatic and riparian ecosystems.

Relations between transport and storage in degrading gravel-bed channels and general relations between bed-load transport rate and tractive force have similar inflection points marking the inception of armoring. This suggests that in a sediment-charged river where armoring is weak and transport rates are

high, transport rates respond weakly to changes in sediment supply, and the channel adjusts primarily by erosion or deposition. At some stage in degradation, armoring commences and responds to variations in sediment input rates, causing sediment transfer rates to decline rapidly as supply and storage decline.

However, it appears unlikely that the simple, linear form of transport-storage relations for degrading channels can be extrapolated to full aggradation-degradation episodes: (1) Simulations of transport rates in an initially uniform reach of a natural channel that was affected by an evolving sediment wave show longitudinal variations in relations between bed elevation and sediment flux. (2) In a flume experiment where stepped increases and decreases in feed rate forced episodes of aggradation and degradation, sediment output rates increased after feed rate was reduced and the channel began to degrade. The resulting hysteresis in relations between transport rate and storage was driven partly by changes in bed texture and channel morphology that increased bed mobility during early stages of degradation before armoring intensified and reduced transport.

These results, as well as other untested influences on transport capacity, suggest a need for further investigations of the dynamics of bed material routing in a drainage basin. At present, routing models based on the transfer of sediment between alluvial reservoirs according to fixed values of transport capacity would likely be inaccurate at the time scale of the evolution of a sediment pulse. However, accurate models based on dynamic transport capacity according to transport-storage relations appear to be elusive. More research is needed, particularly in natural channels undergoing rises and falls in sediment stage.

* Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Rewood Sciences Laboratory, USDA, USA

Sedimentgraphs Prediction for Small Ungauged Basis

Kazimierz Banasik *

Estimates of sedimentgraphs (graphs of suspended sediment load associated with hydrographs caused by rainfall) are essential for sediment yield assessment, providing input data for prediction models of sediment deposition in reservoirs, designing efficient sediment control structures, and for water quality predictions. In these cases, and especially in the frequently considered non-point pollution models, in which sediment is a pollutant and transports other pollutants, it is important to estimate sediment transport accurately during individual storms.

An idea of sedimentgraph model introduced by Williams (1978) was used in previous investigation (Banasik and Woodward, 1991; Banasik and Blay, 1994). A new definition of instantaneous unit sedimentgraph (IUSG) was developed (Banasik, 1994; Banasik and Walling, 1995). The IUSG was incorporated into sedimentgraph model (SEGMO), based on lumped parametric approach.

The sedimentgraph model, which was developed for predicting watershed response to heavy rainfall, consists of two parts; a hydrological sub-model and sedimentology sub-model. The hydrological submodel uses the Soil Conservation Service CN-method to estimate effective rainfall, and the instantaneous unit hydrograph (IUH) procedure to transform the effective rainfall into direct runoff hydrograph. The sedimentology submodel uses a form of the modified Universal Soil Loss Equation to estimate the amount of suspended sediment

produced during the rainfall-runoff event and the instantaneous unit sedimentgraph (IUSG) procedure to transform the produced sediment into sedimentgraph.

* Warsaw Agricultural University, Poland

Patterns in Pool Sequences in Mountain Rivers: Pool Characteristics and Particle Patterns from Published Studies and Cellular Models

Nancy E. Brown*

This presentation considers characteristics of pools and particle patterns in mountain rivers, and presents preliminary data from cellular automata models of sediment movement and slope evolution. The first section of the talk summarizes general concepts about pool initiation, controls on pool type, and classification of pools. The second section reviews some data on the relationship between channel slope and the reach or pool type. The third section summarizes some field, flume and model data on three different patterns in particle size that have been described in published research. The fourth section summarizes patterns in particle size that occur in a simple cellular automata model constructed for this project. The model moves particles of different sizes based on the height that particles in a given model cell rise above particles in the surrounding cells; this height is called the shelter margin in the model.

The fifth section summarizes some published field data and analytical results on the combined effect of slope and particle size on pool initiation. The sixth section describes results obtained using of a cellular model described in published research in physics. The model be related to local particle size or to large larger slope controls slope evolution based on local slope, which can variations such as the slope changes at pools.

The final section summarizes the previous information and describes future directions of this project. Preliminary model results, as well as existing research on particle deposition models in systems other than streams, indicate that a typical pattern of surface roughening exists. I expect to use cellular automata models like those presented here, separately and in combination, to clarify interactions between coarse sediment particles that influence surface roughening. This roughness includes that associated with individual particles, but also larger scale roughness up to topographic variations such as slope variations at pools and other bedforms.

* Colorado State University, USA

Transport of DBCP and EDB in the Pearl Harbor Aquifer: A Post-Audit Study

Chittaranjan Ray *

Ground water is the primary source of drinking water for nearly one million people living on the island of Oahu, Hawaii. The central Oahu has been used for pineapple cultivation for long time. Nematicides such as dibromochloropropane (DBCP) and ethylene dibromide (EDB) were used since 1960's until their ban in early 1980's in pineapple for the control of plant parasitic nematodes. The depth to basal water in these areas can easily reach 300 meters. It took over 15 years for the contaminants to travel through the weathered soil, saprolites, and the basalt to reach the water table and finally at the downgradient wells. A modeling effort in mid 1980's predicted that most of the contaminants, based on their applied mass, should be flushed out of the ground water system between mid 1990's to early 2010. However, as of last year, the concentrations of the contaminants appear to be at their highest level in the sampled wells. In this presentation, we will discuss about the limitation of the past study in predicting the flushing of DBCP and EDB from the vadose and the saturated zones. We have conducted a 1-D variably-saturated flow and transport simulation for DBCP and EDB transport in the vadose zone. The calibrated 1-D model was used to calculate the mass load to the ground water system. Then we used 3-D flow and transport models for the transport of DBCP and EDB in the basal aquifer. Based on our calculations, the aquifer may not recover

(i.e., free of DBCP and EDB) for another 20 to 25 years depending on the location. This puts significant cost burden on the Honolulu Board of Water Supply for the treatment of water from a small number of wells that are located within the contamination zone. We will also highlight some on the limitations within our study and discuss potential means to improve our prediction ability.

* Department of Civil & Environmental Engineering, University of Hawaii, USA

鳥取県，千代川における 砂礫波の移動・停止

小玉 芳敬*

1998年10月17～18日台風10号の通過に伴い，鳥取県東部を流れる千代川では戦後2番目の大規模な出水となった。このとき中流部に位置する採石場から，約5万 m^3 の土砂礫が千代川に流れ込んだ。流入礫の大部分は，人頭大より小さい三郡変成岩礫であり，これらの礫が河床を覆い，一夜にして河原は真っ黒と化した。

河原において2m×2mの範囲から，表面とその直下の礫層を採取し，径16mm～256mmを ϕ スケールに従い4階級に篩い分け，各階級に含まれる三郡変成岩礫の割合を重量比率で求めた。調査期間は1999年春と秋，2000年春と秋，そして2003年夏の5回で，それぞれ1～3週間かけて8～19地点で調査を実施した。

その結果，三郡変成岩の礫集団が砂礫波を形成しながら4～6km流下して，2000年秋にはほぼ移動を停止し，その後2003年夏まで，砂礫波は全く流下していない実態をとらえることができた。つまり，採石場より上流側では河床に30～40%の三郡変成岩礫が含まれるが，1999年春には採石場の直下で80%を超え，そこから下流に向けて徐々に比率を低下して3km下流側で再び30～40%に戻った。1999年秋には，採石場から下流4.5km地点で三郡変成岩礫の含有率は70%と最高値を示し，2000年秋には5km地点で最高値となり，6km地点で再び30～40%に戻った。2000年秋と2003年夏の結果は，ほぼ同様であった。

砂礫波が激しく移動した1999年と，同規模かそれ以上の出水が，2000年以降千代川では少なくとも5回以上あったにもかかわらず，三郡変成岩礫の集団は全く流下していない。この原因は，

河床表面礫の堆積構造に求められる。つまり，1999年には河床表面礫の間隙は，砂で満たされていたが，2000年秋以降は多くのところで透かし礫層が観察された。

砂集団がより下流に流下したために，残された礫集団には粒径の混合効果が働かず，流送されにくい状況が続いていると考えられる。大雨で支谷から多量の砂が供給され，透かし礫層が砂で満たされれば，砂礫波は再び流下すると予想される。

* 鳥取大学教育地域科学部

GPS で計測した新潟県小千谷市の 地盤沈下について

佐藤 浩*

地下水は、我が国では工業用、農業用、水道用、消雪用と多様な用途に利用されている。地下水の過剰な揚水は広域的な地盤沈下をもたらすが、約 50 年前に法律や条例が制定されて揚水が抑制された結果、全国的にみると地盤沈下は沈静化している。しかし、地下水の揚水の需要が著しい渇水期や多雪期には局地的に著しい地盤沈下が生じている。効率的な方法で地盤沈下の発生や進行を監視することは、地盤沈下防止の観点から重要な課題である。

新潟県小千谷市では、消雪用地下水の揚水によって毎年冬季に地下水位が 60 m 低下し、翌年秋には水位が緩やかに回復している。他の地域と異なり、小千谷市では水準測量による地盤沈下や地盤沈下に伴う被害は報告されていない。国土地理院が小千谷市とその周辺に設置した GPS 電子基準点から 3 つの基線を抽出して、1996 年 4 月～1998 年 12 月の WGS 84 楕円体上の比高差の変位を解析した。その結果、小千谷市に設置された電子基準点の地盤高は毎年冬季に約 7 cm 低下し、地盤高も、地下水位の回復に伴い、時間遅れ無くリバウンドしていることが分かった。その原因は、この地域で報告されている活褶曲に伴う地殻変動では説明し難い。また、従来から説明されている粘土層の圧密によるものとは現象が異なり、帯水層の収縮・膨張による可能性がある。

* 国土地理院地理情報解析研究室

地下水の動きでわかる つくばの地盤変動

飛田 幹男*

つくば市北郷の国土地理院構内の GPS 連続観測点は 1 年周期で cm オーダーの上下変動をすることが知られている。その変動は地下水位変化と対応している。つくば市の地下水の利用形態（用途、揚水時期、井戸の深さ）調査によって、国土地理院周辺の地下水位変化の原因を探った。その結果、水田灌漑用の地下水揚水は、時期（5 月～8 月下旬）及び場所（帯水層 40～200 m）において、非常によく地下水位減少と一致していることから、水田灌漑用揚水量の季節変動が地下水位の季節変動の原因と考えられる。そして、つくばにおける GPS 鉛直成分の上下変動は地下水位と密接に関連していることから、国土地理院構内の GPS 連続観測点で観測される変動幅 2 cm（夏に沈降）の季節変動の原因は主として水田灌漑のための地下水揚水であると考えられる。

地下水位の季節変動が地盤の上下季節変動をもたらすメカニズムは、水位変動と地盤上下変動はほぼ同時であること、および、地盤高が元に戻るという 2 つの事実から、粘土層圧密理論（地盤沈下型）よりむしろ砂礫層弾性変形理論によって説明される。現在、つくば市では、2005 年開業予定のつくばエクスプレス沿線において大規模な開発が進行中である。コンクリートによる被覆は、地下水涵養量を減少させる一方、工場等の誘致施設による新たな地下水取水によって、地下水収支のバランスが崩れる可能性もある。地盤沈下は、国土地理院からわずか 14 km 及び 27 km 離れた石下局及び三和局で現実に進行中の現象である。国土地理院には、VLBI 及び GPS のグローバルネットワークの基準局があり、これらのコロケーションサイトとしても重要である。地盤沈下は、つくば市という都市にとって被害を及ぼすのみでなく、宇宙測地観測局にとっても大きな問題となる可能性がある。

* 国土地理院宇宙測地研究室

世界自然遺産カムチャッカ半島の 新生界と大自然

小笠原 憲四郎*

講演者を代表とする科研費の海外学術調査で、サハリン新生界の古環境変遷について研究(1995～1996年度実施)した成果を踏まえ、カムチャッカ半島新生代の古環境変遷を課題に、さらに2001～2003年度の3年間で海外学術調査を実施中である。これら研究の課題の一つは、新生代における寒冷化に対応した生物群集の変遷過程を明らかにすることである。カムチャッカなど北西太平洋地域は、現在は寒帯の気候帯に属し、海洋では冷たい東ベーリング海流(日本では親潮)に影響されながらベーリング海峡を通じて北極海と交流がある。これらの海洋状況や古環境は地質学的に最近の500万年以降のことで、それ以前の古地理や古海洋環境は、いまだ国際的に精度がいい変遷過程が明らかにされていない。本研究代表者や国内研究分担者、さらにロシア側の研究協力者、特にロシア科学アカデミー地質学研究所(モスクワ)のユリー・グラデンコフ博士を中心とした研究グループなどは、1980年をはじめより我々と国際協力して、北西太平洋地域の新生代古環境変遷の解明と、その要因などについて研究を重ねてきた。北半球では北極海に永年の氷床が誕生したのは、つい最近の70数万前であり、さらに南極の氷床の発達もそれほど古い時代ではない。すなわち新生代の中頃(3300万年前)になって緯度的な温度勾配、言い換えると地球規模での季節変化が生じはじめ、一度、南極氷床は衰退し、さらに1300万年前頃に地球規模で海水などを冷却するものとして再登場したと考えられている。また最近、太平洋を取り巻く日本やニュージーランド、パナマ周辺など地域地質の新生代研究を総括することで、いわゆる新生代における

太平洋と他の海洋の開閉事件(Cenozoic Pacific Gateways)の年代的変遷の枠組みが明らかになった。1700万年前頃のインドネシア回路の閉鎖や500万年から150万年にかけて徐々にパナマ策が閉鎖されてゆく事件などは、世界の海流系そのものを大きく変化させたことが明らかであるが、その影響が地域的にどのように反映されているのか、いわゆる地球規模の環境変化と地域の関連(Global-Local Linkage)や変化の要因と結果(Cause and Effect)とその変化過程の解明などが新たな国際的課題として注目されている。

日本では北海道・東北地方の新生代について、世界に通用する高時間分解能で詳細な古環境変遷や生物化石群集の変遷が解明され、これらの研究で把握された地史的イベントの年代や広がりなど、その影響をさらに評価するため、太平洋高緯度地域の研究は欠かせない問題である。今回は過去2年間のカムチャッカ半島の調査を振り返り、成果の概要を展望するとともに、講演の前半はカムチャッカ半島の南部でヘリコプターをチャーターした火山地質調査を実施した様子や、カムチャッカ州都のペテロパブロフスキー・カムチャッカ周辺の中新統水底火山岩類の野外調査など、まさにカムチャッカの大自然を交えてスライドでこれらの様子を紹介する。後半は、カムチャッカ半島中央部のオホーツク海沿岸のカブラン地域でコリャック民族の現地協力を得て、ほぼ1ヶ月にわたる野外地質調査を行った概要や地域の自然環境・風土文化などを紹介する。さらにカムチャッカ半島基部のゴルフ地域の大自然や当地にある地質研究所の様子などもスライドで紹介する。

* 筑波大学生命環境科学研究科

気候モデルによる 過去・現在・将来の モンスーンシミュレーション

鬼頭 昭雄*

まず気象研究所全球大気海洋結合モデル(MRI-CGCM2)の制御実験におけるアジア夏季モンスーンの平均値, 季節変化, 開始・ピーク・明けの時期, 季節内変動について紹介した。インドや日本付近の梅雨の表現などモデルは良く再現しているが, 中国南部では降水量が過小評価される欠点がある。

次に, 同モデルによる2100年までの気候予測実験結果を用いて, 地球温暖化に伴って起こりうるインド夏季モンスーンの変化およびエルニーニョ南方振動現象(ENSO)とモンスーンの関係とその温暖化による変化について調べた。21世紀末のインド夏季降水量は1971～2000年に比べてSRES-A2(B2)シナリオで9%(6%)増加した。この降水量の増加は, 温暖化により大気中の水蒸気量が増加すること, および海陸の温度差が増加し南北循環が強まり水蒸気の南北輸送量が増加したためである。また, 温暖化とともに東部熱帯太平洋の海面水温の昇温が大きく, 平均としてエルニーニョ的な偏差を示している。エルニーニョ域海面水温とインドモンスーン降水量との負相関は2050年以降顕著に小さくなった。このENSOとモンスーン関係の弱まりは, 季節内の降水量分布に対するエルニーニョ時とラニーニャ時の応答の差としても現れた。

また, 温暖化による降水特性の変化について調べた。その結果, 全球の40%の地域では降水量・降水頻度・降水強度がともに増加し, 一方で20%の地域ではそれらが減少した。両者の境目にあたる約30%の地域では降水頻度は減少したものの降水強度は増加しており, 温暖化による強い

降水イベントの増加を示唆していた。華南及び地中海域はその特徴的な領域であり, 温暖化による大気循環の変化により月別の降水特性の変化がもたらされている。

最後に過去(21,000年前の最終氷期と6,000年前)のモンスーン再現実験についても簡単に紹介した。

* 気象研究所気候研究部