

韓国東海岸の海成段丘面背後に連なる緩斜面 —比較気候地形発達史による第四紀陸域古環境の面的復元をめざして—

田村俊和* 宮内崇裕** 崔成吉***

1. はじめに

日本や韓国の各地から断片的に報告されている各種周氷河現象の分布を大観して、緯度・高度がほぼ同じ範囲で比較すると、最終氷期の周氷河作用は朝鮮半島においてより強力であったようにみえることを先に指摘した(Tamura, 2001)。現在も日本列島より大きな値を示す朝鮮半島の大陸度(Continentality)が、最終氷期には黄海が陸化していた影響でより大きく、それがより活発な周氷河現象の発現につながった可能性がある(Tamura, 2001)。言うまでもなく個々の周氷河現象は、その形成に要する温度条件を少しずつ異にし、温度以外の多様な局地的条件にも影響される。Oguchi et al. (2001)は、西南日本や朝鮮半島の低標高地での最終氷期の周氷河作用は、何らかの原因で森林が破壊され草原や裸地が拡大していた場所で起こったと考えた。このようなことがあるので、古気候の復元には限界値をよりの確に示す指標、たとえば永久凍土が存在したことを示すアイスウェッジ・カストなどの分布を追求すべきという主張にもなる。しかし、それら指標が保存されている可能性を考慮に入れば、やや巨視的な発想による比較も、continental-ないしsubcontinental-scaleでの古環境分布論ではそれなりに有用と考えられる。

周氷河地形のうち、面的にある程度の広がりをもって形成され、それもあって比較的よく保存されるものに、いわゆる周氷河性皿状谷や周氷河性緩斜面がある。鈴木(1962)は、車窓観察で調べた周氷河性皿状谷の分布範囲から、日本の非高山帯における最終氷期の周氷河限界を北上山地中部と認定した。韓国では太白(テベク)山脈の稜線部、およびそこから両側とくに西側に長く傾き下がる高原地域に、類似の地形景観が広く分布し、その広がり半島南端部近くまで達しているように観察される。

周氷河性緩斜面については、日本ではその気候地形学

的意義を若生達夫が1960年代初めから論じている。Wako(1961, 1962, 1963a)、若生(1962)は、オホーツク海に注ぐ諸河川の上流部に発達する河成段丘のうち、その連続を下流へ追跡すると沖積面下に没する段丘面の背後に、角礫まじり粘土層などを薄く載せる緩斜面が連なることに注目して、これを段丘面对比の一つの鍵に用いた。後に、このようなソリフラクションを中心とする作用で形成されたと考えられる緩斜面をCryopedimentと呼び(Wako, 1963b)、東北地方太平洋側から北海道に至るいくつかの地域で最終氷期におけるその発達史を論じて、その分布の南限を、一応、白河付近と考えた(Wako, 1966)。

その後、上に挙げた皿状谷、緩斜面を含む、周氷河作用によると考えられる各種地形・堆積物が、中国山地や九州山地などにも分布することが明らかになってきた(たとえば田中・野村, 1992; 小口, 1992)。また、テフロクロロジーを用いてそれらの形成時代がより詳細に検討されるようになった(関連する文献は、北上山地については田村, 1998; 桧垣, 2005、中国山地については田中, 2004a, bなどに挙げられている)。

韓国では、東海岸によく発達する海成段丘面の背後に緩斜面が連続しているところが多いようにみえる。そこで、これら段丘面の背後に連続する周氷河性緩斜面の形成時期・形成環境を、斜面の気候地形発達史の視点(たとえば田村, 2004)から検討し、冒頭に提示した最終氷期の日本列島と朝鮮半島における古環境の類似点と相違点の検討に資することをめざして、韓国東海岸で現地調査を行った。

2. 海成段丘の認定と対比

はじめに、緩斜面に連続する段丘面の分布と年代観を確かめておく。これについての議論はすでに公表してい

* 立正大学地球環境科学部

** 千葉大学大学院理学研究科

*** (韓国) 公州大学校師範大学

るので（崔ほか，2004，2007）、ここではそこから今回の議論に必要な部分を抜き出し、要約する。

韓国南東部、蔚山（ウルサン）市の北東部にある山下洞（サンハドン）（図1）では、海浜成と考えられる、細粒砂の薄層を挟むよく揃った細粒円礫層が、基底部に泥炭質層をもつ厚さ1～2mの砂礫層～砂層（湿地成、河成、風成の堆積物）で覆われ（図2：2-1）、その被覆層中から、南九州、阿多カルデラ起源のAtaテフラ（約115～110ka：町田・新井，2003）が発見されている（佐々木ほか，2003）。海浜成堆積物と陸成堆積物との境界面は陸側に向かって少しずつ高くなっているため、旧汀線（海成層の分布の陸側限界）高度は露頭で確認できる両層の境界、海拔17.5mより少し高いとみてよい。この、海拔約18mに旧汀線をもつ段丘面は、山下洞から北に約8kmの邑川里（ウップチョンニ）に追跡され（図1）、ここでは、上記の18m面を含む次の16段の段丘面が認定できる。カッコ内は旧汀線高度である：邑川1面（160m）、2面（153m）、3面（140m）、4面（130m）、5面（124m）、6面（115m）、7面（100m）、8面（92m）、9面（82m）、10面（71m）、11面（62m）、12面（53m）、13面（43m）、14面（32～35m）、15面（18m）、16面（10m）。これら段丘面を構成する堆積物は、いずれも分級のよい海浜成の細円礫を主とすることが多い。

邑川15面およびより高位の段丘面上には、段丘堆積物があるところではその上部を、堆積物を欠く波食台では風化基岩を、それぞれ母材にした赤色土が形成されることが多い。この面に連続する河成段丘面を上流部で覆い中流部でそれを切る河成段丘面は、下流部では沖積面下に没する。15面堆積物からは124～125kaのアミノ酸年代が得られており（崔，1997）、それを被覆する堆積物中に上記のようにAtaテフラ（115～110ka）が挟在するので、15面は最終間氷期最温暖期（MIS 5e）に形成されたものと認定される。そして、これに連続する段丘面は東海岸一帯にほぼ同じ高度によく連続することを確かめた。

この事実から、MIS 5e 当時（約125ka）の海水準をよく唱えられている現海水準上5～6mとすると、 $(18 - (5 \sim 6)) / 125 \approx 0.1$ となるので、後期第四紀において韓国東海岸はほぼ一様に約0.1m/1000年の速さで隆起していることになる。非変動帯である朝鮮半島でこのような地殻変動がみられる原因についての議論（たとえば Miyachi, 2001）がある。また、この平均隆起速度をそのまま外挿すると1面の形成年代は約1.6Maとなることから、さらに高位の削剥面の高度分布が示唆する西への傾動から地

殻変動の傾向が転換した時期についての議論（Tamura, 2001）がある。これらの問題については、崔を中心として準備中の別報に譲り、ここでは、旧汀線高度約18mの海成段丘が最終間氷期最温暖期に形成されたものであることを、緩斜面の形成時期・形成環境について検討する際の有力な鍵の一つとして用いる。

3. 段丘面に連なる緩斜面とそれを作る堆積物

韓国東海岸にある緩斜面およびそれを作る堆積物のうち、前章に示した海成段丘面との関係がわかりやすいいくつかの例を選んで、記載する。

前章で言及した山下洞（図1）では、MIS 5e の段丘面を作る海浜成堆積物の上位に、湿地成、河成、風成とみられる堆積物（厚さ1～2m、Ataテフラを挟む）がある。その上部はやや腐植まじりで、上面は海側に緩やかに傾き、さらに中～大礫サイズの垂角礫～角礫をまじえる厚さ1～数mの粘土層に覆われている（図2：2-1）。この垂角礫～角礫まじりの堆積物は、背後（陸側）に向けて厚くなり、傾斜数度の緩斜面を作っている。MIS 5e の海進直後の海退に向かうときに海成面が湿地成、河成、風成の堆積物に薄く覆われ、やや時間間隔をおいて陸側か

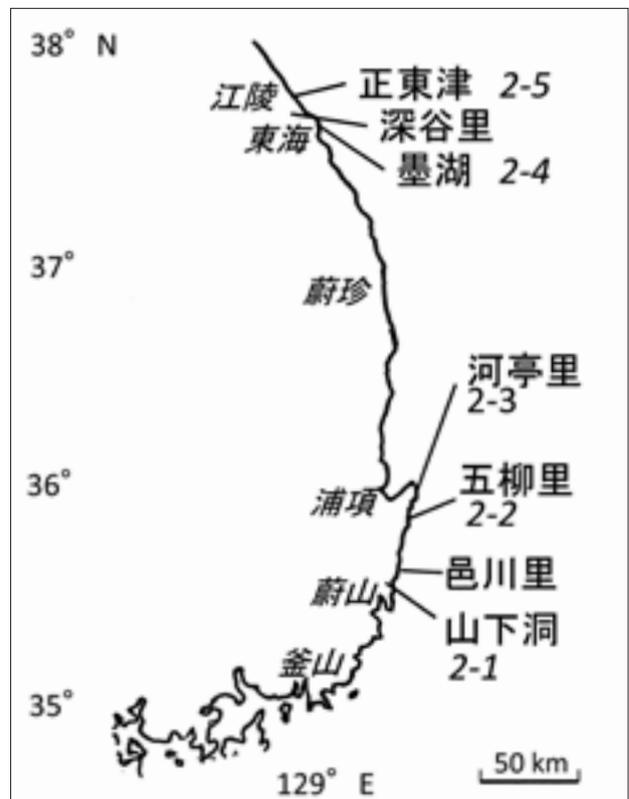


図1 調査地域

斜体数字は図2および本文中の地点番号に対応。

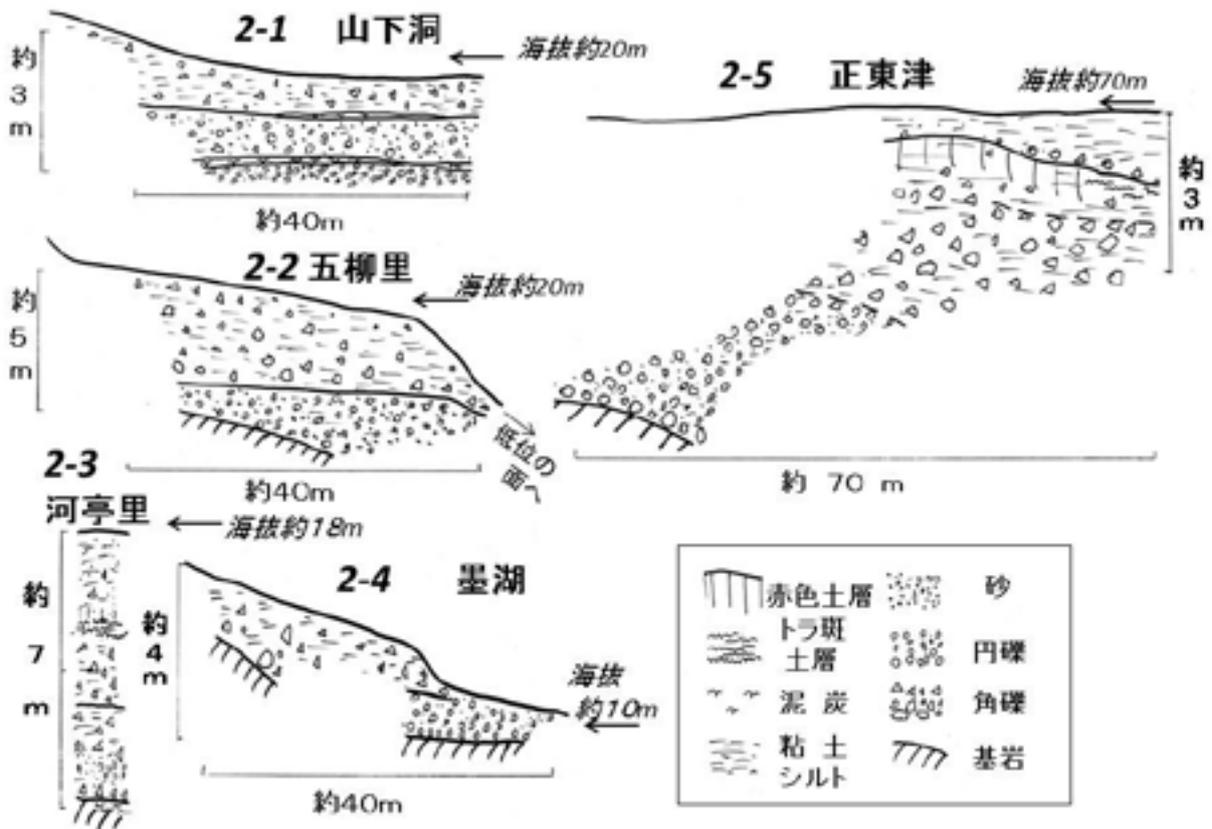


図2 露頭観察結果

観察位置は図1に、やや詳しい記載は本文に記す。図中の番号も本文に対応。

ら斜面堆積物に覆われたと解釈できる。

邑川里の近く(図1)では、海拔約30mに基底面をもつ海(～河?)成堆積物(細礫まじり中～粗粒砂層)を覆って、風化した角礫を大量に含む赤色風化した粘土層が6mあまりの厚さで堆積している。これは、MIS 5aおよびそれ以後の堆積物との層序関係は直接確認できていないが、MIS 7ころより後でMIS 4より古い斜面堆積物と推定される。

邑川里の北約15kmの五柳里(オリュリ)(図1)では、露頭で海拔約16.5mを上面とする(したがって旧汀線高度はもう少し高いと考えられる)海成の砂礫層(MIS 5eの堆積面を作る)を、中～大礫サイズの角礫をまじえる粘土質堆積物が5mあまりの厚さで覆っていて、その先端はMIS 5e段丘面の範囲を超え、さらに低位の、おそらくMIS 5aに対比される海成段丘面に達している(図2:2-2)。MIS 5aより若い時期に背後斜面から角礫と粘土が移動ってきて海成段丘面を覆ったことが明らかである。

五柳里の北約15km、浦項(ポハン)の東約20kmの河亭里(ハシュンリ)(図1)では、基岩を直接覆って細円礫をまじえる細礫～大礫サイズの角礫からなる堆積物が

2～3mの厚さで堆積し、上方へ角礫まじりのよく締まった粘土層(厚さ3～4m)に漸移している。粘土層の上部にはいわゆるトラ斑(疑似グライ化赤黄色土のB層)が発達し、その上位には、やや腐植質の部分を挟んで、細粒角礫が点在する砂まじり粘土層(厚さ約2m)がある(図2:2-3)。地表面の高度は付近のMIS 5eの段丘面とほぼ同じであるが、最上部の堆積物が海成であるかどうか断定できず、風成堆積物が混入している可能性もある。下部の角礫層や角礫まじり粘土層は斜面堆積物とみてよいが、最下部付近には海成ともみられる円礫が混入している。この斜面堆積物はMIS 5eの海進が進行してきた時期に陸側から移動・堆積したものとも考えられる。

東海(トンへ)市の墨湖(ムッコ)(図1)付近は、韓国東海岸の北部では海拔40m内外より低位の海成段丘がよく発達している地域であるが、そのうち最低位(海拔約10m)の面を作る円礫～亜円礫層が、中～巨礫サイズの角礫～亜角礫を含む粘土層に覆われている(図2:2-4)。この角礫・粘土層は、図に示すように、段丘崖の下部を埋め、その前面にある段丘面の陸側部分を覆って緩斜面化している。ここではMIS 5aより後の時期に陸

側から斜面堆積物の移動・堆積があったことになる。

墨湖の北北西約15km、江陵（カンヌン）の南東約20kmにある深谷里（シンゴクリ）（図1）では、幅広い尾根の海拔約90mと約115m付近にある2段の平坦部の背後に、それぞれ中～大礫サイズおよび大～巨礫サイズの角礫・亜角礫を含む赤褐色～赤色の粘土層が露出する、縦断方向に5°ほど傾斜した部分が認められる。これらの堆積物は、その地形的位置、層相、風化の程度等から、中～前期更新世に遡る時代の斜面堆積物と考えられる。

江陵の南東約15kmの正東津（ジョンドンジン）（図1）付近には、海拔60m内外より高位に何段もの段丘状地形・堆積物が認められる。そのうち、海拔約60mにやや傾いた不整合面をもって基岩を覆っている、大礫サイズの亜円礫からなり主として砂をマトリクスとする（細粒円礫が集中した部分もある）厚さ5m弱の堆積物は、砂まじり粘土をマトリクスとする大～巨礫サイズの亜角礫～亜円礫層（厚さ5m強、最上部約1mにはトラ斑が発達）に覆われ、さらにその上位に、厚さ1～3mの中～大礫サイズの角礫が多い部分と赤褐色粘土を主とする部分とからなる堆積物が堆積している（図2:2-5）。ここでは、MIS 11～13ころの海成段丘堆積物が河成堆積物、さらに斜面堆積物に覆われたと解釈できる。

4. 緩斜面の形成プロセスと形成時期

観察された緩斜面堆積物は、細礫～巨礫サイズの角礫～亜角礫をいろいろな程度に含む粘土ないし砂まじり粘土である。古期のものについては風化の影響を考えなければならぬにしても、このような層相は、これらの堆積物が、崖錐を形成するような落下・転動ではなく、流動的なプロセスで移動してきたことを物語る。巨礫を含むもの（たとえば正東津、図2:2-5）は土石流による可能性もあるが、それ以外は泥流～ソリフラクションのようなプロセスで運ばれたと考えて矛盾はない。また、例示したものは、開析が進んだ古期のものを除き、段丘面の背後に、谷の出口か尾根の先端にかかわらず、景観的に明らかに認識できる規模の緩斜面を形成している。

例示した中では河亭里（図2:2-3）の場合のみ、海成堆積物と斜面堆積物が指交している（同時に堆積した）可能性があるが、それ以外の斜面堆積物は、海成段丘堆積物の上位または下位にあり、両者の間に河成堆積物は含まれることもある。これは、ほとんどの斜面堆積物が海進のピーク時ではなく、むしろ海面が相対的に低い時期に形成されたことを示す。いろいろな高度の、した

がってさまざまな時代の、海成段丘面を覆ってあるいは海成段丘堆積物の下位に緩斜面堆積物があるので、緩斜面形成期は何回もあったとみられる。地形的位置や風化の程度および古土壌発達状況からみて、明らかに中期更新世あるいはそれ以前に遡るものもあるが、最新の緩斜面堆積物はMIS 5aに対比される段丘面の上にも達しているため、その形成期が約80kaより新しいことは確かである。

この地域ではもちろん現在もマスムーブメントが発生しており、たとえば2002年8月の台風による大雨により江陵付近で大小の斜面崩壊が起こった。しかし、完新世中期以降の数千年間にこの地域で300～3000年の間隔をもって発生している斜面物質移動（朴, 2012）では、平坦面（多くは谷底面）に連なる緩斜面が連続的に形成されてはいない。2章に示した多くの緩斜面は、背後の地形の如何を問わず、ある程度の広がりを持ち、その堆積物は前面の段丘堆積物を覆いつつ、海側に向かって薄くなる傾向がある。

したがって、3章で例示した緩斜面の多くは、おそらく寒冷な環境でソリフラクション等の継続的な作用により形成されたもので、それが活発に行われた最新の時期はMIS 5aより後の寒冷期、おそらくMIS 2を含む最終氷期と考えられる。

5. 今後の研究の展開に向けて

緩斜面堆積物のうちには、レス様の風成堆積物に覆われ、あるいはそれを混入しているものがある（たとえば成瀬, 2006）ので、それらにOSL年代測定やテフクロノロジーを適用し、より微細な周氷河現象の出現層位との対比や古土壌学的観察例を増やすことで、個々の堆積物、したがってそれが作る地形の形成年代・環境をより詳しく特定できると考えられる。それらの知見を陸域古環境の面的復元につなげるには、現地観察、空中写真判読、LIDAR解析等による景観的情報の集積が一方で必要となる。このような研究を広域的に実施することで、田村（2004）が主張したように、陸域における古環境の議論をより高い空間的分解能で展開すれば、海域から得られる時間的分解能の高い情報（たとえば松井ほか, 1998など）と相補って、モンsoonアジア北部における環境変遷のより包括的な復元が可能になる。そこから、周氷河作用にまつわる気候地形発達モデルの多くが提案された大陸西部とはやや異なる、大陸東岸でのモデルを提示することが期待される。

2003年の現地調査のために同年度石橋湛山記念基金研究助成費を得た。深く感謝する。

引用文献

- 崔成吉 (1997) 韓国東海岸における海成・河成段丘の発達と後期第四紀環境変化. 東北大学博士論文.
- Choi, S.G. (2001) Tectonic movement indicated by the Late Pleistocene paleoshorelines in the eastern coast of Korea. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22, 265-275.
- 崔成吉・宮内崇裕・田村俊和 (2004) 韓国東海岸における海成段丘の認定・対比に関する新提案 (要旨). 季刊地理学, 56, 51-52.
- 崔成吉・田村俊和・宮内崇裕・塚本すみ子・申錢造・朴志焄 (2007) 韓国南東部海岸の最終間氷期海成段丘の年代決定法についての検討 (要旨). 季刊地理学, 59, 178-179.
- 桧垣大助 (2005) 北上山地の地形発達. 小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦 (編) 『日本の地形5 東北』, 51-55, 東京大学出版会.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 『新編 火山灰アトラス』. 東京大学出版会.
- 松井宏之・多田隆治・大場忠通 (1998) 最終氷期の海水準変動に対する日本海の応答. 第四紀研究, 37, 221-234.
- Miyauchi, T. (2001) Late Quaternary regional crustal movement in the Korean Peninsula and the Japanese Islands through paleoshoreline analysis. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22, 277-285. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22, 321-336.
- 成瀬敏郎 (2006) 韓国のレス. 成瀬敏郎 『風成塵とレス』, 89-103, 朝倉書店.
- 小口 高 (1992) 関東以西の低所における化石周氷河地形の形成環境. 地理学評論, 65, 195-212.
- Oguchi, T., Tanaka, Y., Kim, T.-H., and Lin, Z. (2001) Large-scale landforms and hillslope processes in Japan and Korea. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22.
- 朴志焄 (2012) 韓国東海岸江陵地域における完新世中期以降の斜面物質移動 (要旨). 日本地球惑星科学連合2012年大会予稿集, HGM21-07.
- 佐々木俊法・井上大榮・柳田 誠・Choi, W.H.・Chang, C. J. (2003) 韓国東海岸における Ata の発見とレスによる海岸段丘の編年 (要旨). 季刊地理学, 55, 54.
- 鈴木秀夫 (1962) 低位周氷河現象の南限と最終氷期の気候区界. 地理学評論, 35, 67-76.
- 田村俊和 (1998) 多元地形 (Polygenetic landforms) としての北上山地. 地形, 19, 261-264.
- Tamura, T. (2001) Geomorphological comparison between Korea and Japan in changing tectonic and climatic environment: some problems unsolved. Transactions, Japanese Geomorphological Union, 22, 255-264.
- 田村俊和 (2004) 気候地形発達史研究における「斜面不安定期」の概念. 季刊地理学, 56, 67-80.
- 田中眞吾 (2004a) 丹波山地とその周辺. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正 (編) 『日本の地形6 近畿・中国・四国』, 111-117, 東京大学出版会.
- 田中眞吾 (2004b) 中国山地の周辺. 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正 (編) 『日本の地形6 近畿・中国・四国』, 131-135, 東京大学出版会.
- 田中眞吾・野村亮太郎 (1992) 中国山地東部における後期更新世の山地堆積地形とその形成環境. 地理学評論, 65A, 180-194.
- Wako, T. (1961) River terraces and gentle slopes along the Shokotsu River, northeastern Hokkaido. Science Reports, Tohoku Univ., 7th Ser. (Geography), 10, 39-49.
- Wako, T. (1962) River terraces and gentle slopes along the Tokoro River - Geomorphological study in northeastern Hokkaido (2). Science Reports, Tohoku Univ., 7th Ser. (Geography), 11, 31-43.
- 若生達夫 (1962) 侵食緩斜面の形成時期について. 第四紀研究, 2, 104-112.
- Wako, T. (1963a) River terraces and gentle slopes along the Yubetsu River - Geomorphological study in northeastern Hokkaido (3). Science Reports, Tohoku Univ., 7th Ser. (Geography), 12, 35-52.
- Wako, T. (1963b) Valley features along the Sarugaishi River - A note on block field, cryopediment, and relict soil in the Kitakami mountainland. Science Reports, Tohoku Univ., 7th Ser. (Geography), 12, 53-69.
- Wako, T. (1966) Chronological study on gentle slope formation in northeast Japan. Science Reports, Tohoku Univ., 7th Ser. (Geography), 15, 55-94.

Gentle Slopes behind Marine Terrace Surfaces
along the East Coast of Korea:
A Note for Areal Reconstruction of
Quaternary Terrestrial Paleoenvironment
from the Viewpoint of Comparative Climatogenic Geomorphology

TAMURA Toshikazu*, MIYAUCHI Takahiro**, CHOI Seong Gil***

*Faculty of Geo-environmental Science, Rissho University

**Graduate School of Science, Chiba University

***College of Education, Kongju National University, Korea

Abstract:

Gentle slopes developed behind marine terraces along the east coast of Korea were investigated particularly on their morphological relation to terraces and on lithofacies and stratigraphy of their deposits. Most of the gentle slopes are considered to have been formed by solifluction and related phenomena in the cold environment. The last period of their formation must be the Last Glacial.