

長期気候変動と紅河デルタの環境変動

Long Climate Change and the Environmental Change of the Red River Delta

春山成子, 松本淳, 桜井由窮雄

Shigeko Haruyama\*, Jun Matsumoto +, Yumio Sakurai \*

\* 東京大学大学院新領域創成科学研究科、+ 東京大学大学院理学系研究科

\* The University of Tokyo, Graduate School of Frontier Science,  
+ The University of Tokyo, Graduate School of Science

Abstract

The authors clarified the combination of geomorphologic components of the Red River Delta and their fluvial-marine process under global scale sea-level change in Holocene. Compared with human activities in long history in Vietnam, Micro-landform units in the Red River Delta and long-term climate change were more important factors for agricultural productivities against drought and flooding. In present time, environmental change of the coastal area has been realized in the Red River Delta, such as coastal erosion.

1. 研究目的

北部ベトナムの紅河デルタは、東南アジアの大陸部に位置するデルタ河川の中では、もっとも堆積作用の大きな河川である。また、人間の居住環境として過去1000年間の歴史時代に大きな環境改造の加えられたデルタである。しかしながら、フランス植民地の継続とドイモイ以前における対外的には閉鎖的な環境下に長く置かれた時代があるために、ベトナムの環境変化にかかわる研究は遅れていた。しかし、地球規模での温暖化による沿岸地域での海水準上昇による洪水地域の拡大、海岸侵食の発生地域の拡大と村落移動の実態、稲作農業・畑作地域への農業障害を与える塩水遡上の上流側への移動の速度など、長期にわたる自然環境変化は現在のベトナム村落に与えている影響は計り知れず、これらの実態について明らかにする必要性が生じていた。このような環境変動に関わる研究は、単一分野の中にのみ解決の糸口はなく、環境研究にかかわる他分野間の中で、相互に関係しあう要因の分析が急がれている。しかしながら、「学際領域」の研究として北部ベトナムで環境動態、環境変動に関わる研究は従来行われてこなかった。たとえば、地形学、気候学、ベトナム村落史研究などの異分野にまたがる研究領域をもつ研究者が、同一地域に対して、合同調査を行うことまでは、着手されてはおらず、まさに、総合的な視野でベトナムの環境変動を捉えることが急務の課題であったといえよう。また、地形学の分野では、紅河デルタの地形発達にかかわる研究はベトナム研究者の間でお進められてきてはいたものの、地質学・地形学分野では、ベトナム国内での14C年代分析機器(ほかの年代測定に関わる分析も含めて)の使用に限界があったために、正確な年代指標を求める事はなく、研究が進められてきていた。このような年代観に欠けるままの研究であったために、完新世の堆積物が更新世の堆積物に見積もられるなど、実際よりは、かなり古い年代値で語られることが多く、正確な議論が困難であった。これは、人間活動史に関してもいえる。正確な年代観のないままでの社会変動が語られたことを意味している。このような研究にとどまっていた「北部ベトナムの紅河デルタ」では、総合的な視野に立って、環境動態を示すことが求められており、この研究では、複合領域からのデルタの地域特性を環境変動論として描くことを目的として現地調査に着手した。

2. 研究経過

一 現地調査とその概要について一

研究の着手にあたり、現地研究者との交流、受け入れは、すでに、1997、1998年に行っており、ハノイ国家大学理学部地理学科、ベトナム農業科学技術院とのあいだにおいて、研究協力体制をとっていたが、今回の研究を立ち上げるために、1999年3月に研究代表者がハノイにおいて、環境変動研究にかかわる2ヵ年の共同研究の取り交わし書を交わした。本格的な現地での調査研究は、1999年7、8月の紅河デルタの現地調査からであるが、5、6月にはMOS-1、JERS-1 SARなどの衛星画像データを入手して、これらをもとにして雨季・乾季の環境変化についての追跡調査を行うとともに、紅河デルタ全域についての、地形分類調査、地形分類図の作成を進めた。第一回目の現地調査では、現地研究者との研究交流を図りながら、紅河デルタの地形環境、水文環境、気候環境、社会的環境に関わる文献・資料探査を主に行った。これらの資料を元にして、環境変動量の大きな紅河デルタ(ナムディン省、ハナム省、ニンビン省、タイビン省などの各省にまたがる地域)のデルタ南部の概査を行った。ここでは、環境変動そのものを受けて変動する稲作地域の生産性についてのヒアリングなども行いながら、自然環境要素との関係について考察を行った。また、ベトナム農業科学技術院に委託購入してもらった1万分の1縮尺の空中写真の判読を行った。その後、12月の現地調査においては、概査によって判別していたデルタの3地域(wave-dominated type, fluvial dominated type, tide dominated type)のうち、wave-dominatedタイプの代表地域として選定したナムディン省のバツコク地点において、ロータリー式の掘削機械を持ち込み、完新世と更新世との境界部にあたると思われる深度70mまでのボーリング試掘を行った。土壌を引き上げながら、現地研究者との、現地で堆積層層の変化の観察を行うとともに議論を重ねた。一部の土壌サンプルをソフテックスケースに詰めて日本に持ち帰り、軟X線をかけ、粒度組成を明らかにすることで、1cm単位での堆積層を識別して、海水準上昇に関わって変化したイベントをつかむことに成功した。また、土壌サンプルの一部は取り分けて、現地研究者に花粉分析、珪藻分析、粒度分析を依頼した。また、ベトナム気象水文研究所との研究交流のなかで、最近30年間の気候データの閲覧が可能になり、一部が入手できた。

2000年度の前期中では、前年度に現地において収集した文献、資料(地形図、地質図、雨量データ、気温データ、統計資料)など資料

類などを分析し、環境変化の一端を公表する準備を行った。また、ボーリング調査によって明らかになった完新世の環境変化と環境復元のための室内作業を継続した。2000年度の現地調査の第1回目を8月、9月に行った。ここでは、前年度に引きつづき、再度、デルタのなかでも河川堆積物が中心となる地点として、フングエン省のビンミン地点を選定して、ロータリー式の掘削機械を持ち込み、この地点での完新世相当と考えられる深度25mまでの試掘を行った。試掘の際、現地研究者と地層の確認作業を行いながら、年代測定の可能な貝化石、木炭片などを引き上げた。引き上げた土壌試料の観察記録を撮り、花粉、珪藻分析用の試料を切り分けて、現地研究者に分析依頼を行った。また、人間活動史の記録として重要な遺跡の偏在性をしり、デルタのどの地域で活動が活発に行われたのかを含め、活動遺跡の分布を確認する作業にはいった。すでに、ハノイ近郊では発掘事例があり、これらを元にして最近2000年間の活動に関する知見を得た。

2000年度の2回目の現地調査を、12月から1月にかけて行った。ここでは、河川堆積物と海成堆積物の混在すると考えられるナム省ツイツエン村を選定し、ロータリー式の掘削機械を持ち込み、完新世と更新世との境界部にあたと考えられる深度40mの試掘を行った。土壌を引き上げて、現地研究者と意見交換を行いながら、完新世における河川環境の変遷史についての議論を行うとともに、6000年前期の高位海面期などの地域までが海域になったのかについての推定を行うことにした。すでに、海岸部のカルスト地形に刻まれたノッチの位置、貝化石の採取から6000年前の高位海面は+4mとされているが、陸上地形の中にその痕跡が残されていることを確認する研究を急がねばならないことがわかった。この地点で引き上げた比較的保存のよい土壌をソフテックスケースに詰めて、日本に持ち帰り、軟X線をかけることで細かい堆積層を識別し、地形発達史を考察することにした。また、一部、土壌サンプルを取り分けて、現地研究者に花粉分析、珪藻分析、粒度分析を依頼した。この土壌サンプルについての分析はまだ途中であり、年代測定も6月頃に終了の予定である。

また、1月には長期気候変動にかかわる気象データを入手し、現地研究者とともに現地観測を行うとともに、農業生産に関わる北部ベトナムでの気象の影響についての議論を現地で行った。この気象データの解析もこれからの課題であるが、上記の項目について現段階で取りまとめることにした。

### 3・研究成果

紅河デルタの面積は10000km<sup>2</sup>におよび、デルタ西側は石灰岩丘陵、花崗閃緑岩の丘陵で囲まれ、南側をバクボー湾に向けている。紅河は平野部でダイ川、タイピン川、ナムディン川、ニンコ川、クラン川などの支流に分流し、河川密度の大きなデルタを形成している典型的なデルタ地形の河川である。紅河の形成した広義の「デルタ」は大きく、扇状地、自然堤防、後背湿地、谷底平野、浜堤列、堤間低地、潮汐低地、エスチュアリーなどの地形単元に区分することができる(図1)。紅河の形成したこのような微地形は主に完新世の海面変動とよく連動しており、海退期にデルタは広域に離水し、現在のような地形配列が決まってきた。しかしながら、北部ベトナムにおける海進・海退の実態については解明されていなかった。

紅河デルタの形成過程については、3回のボーリング調査によって従来、ベトナム研究者によって提示されてきた海水準上昇、海岸線の後退に関する研究に、新たに、同一地点でのオールコアボーリング試料から25個の貝化石を採取し、AMS加速器で年代測定を行うこ

とで、大幅に140年代値を地層形成研究に入れ込むことができた。図に示すようにナムディン省バクボー地点を指標にとってみると、8000年前期において急激な海面上昇が起き、一気に温暖期の海進がハノイ方面に向かって進んだ。この時期に沿岸州が形成されていった。数列ある浜堤列は、ほぼ同時期に形成されていったものであり、2000年前期頃には離水していったと理解される(図2、4、5)。

紅河デルタの地盤の沈降量は2-3mm/yearと計算できるが、紅河デルタの土砂堆積量が多く、何回かのサイクルで上方に細粒化する河川・ファンデルタ層が確認でき、デルタの地積が進んでいった。海進期の浅海底堆積物は2回目の試掘地点であるフングエン省ビンミン地点まで認められ、この地点には海進が及んだことがわかった。完新世における海面変動に関する知見は三本目のボーリングにゆだねるところではあるが、河口部に近いナムディン地点において過去1万年間における土砂の堆積速度は4mm/yearと計算することできた。また、今回の現地調査の結果、紅河の堆積速度はかなり大きく、最近30年間の紅河の土砂運搬量は100\*10<sup>6</sup>ton/yearと計算することができ、ダイ川の河道の天井川化傾向も継続していることがわかった。このような天井川化プロセスは、排水不良の低平な河成海岸平野で長期わたる洪水被害を受けてきた歴史的な人間の活動史の結果である。デルタ地域の管理には治水が治水に先立つ重要な管理者の使命であったからにはほかならない。この平野の自然堤防地帯では歴史時代の文献資料に紅河の洪水時の逃散過程が詳細に記載されている。これは自然立地の村落形成が進まなかで、未然に防ぎようのない自然災害の防衛をどのように行ったのか、管理が村落自治から政府に移行する過程についても自然環境に描き出されているとも受け取れる。現在の紅河の堤外地では、河床砂の淤積が行われたために、かつてと比べて低下しているとはいえ、堤内地と比較すると、河床高は0.5-0.8mも高い「天井川」をしめしていることに、この統制の強さが現れている。この天井川化の傾向は河口部まで続いている。しかしながら、近年のダム建設などによる人為の影響で最近10年での河床への土砂運搬量は減少し、温暖化の影響を受けた沿岸地域の潮位の上昇傾向などのため、海岸部での侵食が目立つようになった(図2)。

自然災害防衛は重要なデルタ経営の柱であったが、文献資料の解析から、旱魃と洪水発生は紅河デルタの農業社会の変動に大きな影響を与えたことがわかった。1422年から1786年までの365年間で旱魃は64回発生しており、ことに洪水被害をさけるために農学的な対応策として5月米を作付けしてきていたが、1-5月の降水量の少ないときには、この5月米が旱魃の被害を大きく受けることがわかる。ベトナムの伝統種である「ルアチエム種」は湿性性の土地条件で栽培されるもので洪水被害を避けた耕作の工夫であった。北部ベトナムは低温、高湿度で蒸発量は小さく、このような環境下でR5が栽培されてきた。旱魃と洪水による農業被害は長期的な気候変動の影響を大きく受けるものである。低湿地であるデルタはモンスーン期の洪水で10月稲の作付け障害を伴う。この農業被害は6、7月の紅河の洪水氾濫によるものであり、ベトナム年代記からは4年に1回の割合で規則的に洪水被害が発生していることがわかる。さらに、北部ベトナムは台風襲来地域であり、沿岸地域の高潮災害も同時並行的に発生してきたが、内陸部と比べ人口圧力の小さな地域であったために歴史資料からは沿岸地域での農業被害が顕著にまで派生した事例は僅少であった。北部ベトナムの基幹作物としての米生産についてみると排水

灌漑インフラなどが整備されることによって増加しているが、紅河の洪水がこの生産に対する阻害要因ともなっている(表1)。

このような農業被害を併発する気候について、松本は紅河流域における観測時代の長期気候変動について、ベトナム北部紅河流域における気象および水文観測データを使用して、前世紀後半における気候の長期的変動傾向を調査した。その結果、以下の諸点が、この研究によって明らかになった。1) 気候要素の長期変動を調査するための基礎的資料として、紅河流域における主要気象観測地点における各気候要素の平均的な季節変化についての分析をおこなった。その結果、卓越風向の変化(北寄りと南寄りの風の変化)は、1~2月頃と9月頃に起こり、一方、降水量の増加・減少は、それぞれ5月および10~11月に起こる。したがって、両者は同時に起こっていないことがわかった。また中・下流域では、日照時間の急激な増加が雨季の開始とほぼ同時に起こっており、アジアモンスーン地域としては大変に特異であることがわかった。雨季のピークは上流部で早く、7月中頃である一方、中・下流部では8月下旬から9月上旬にかけてで、両地域における降水メカニズムに差異がある可能性が示唆された。

又、紅河下流部のデルタ地域に位置する、ハノイ、ナムディン、ハイジューンにおける年、夏半年(5-10月)、冬半年(11-4月)および1月・7月の単位期間での平均気温(半年平均は未調査)、降水量、日照時間の長期変化傾向を、1960-98年の期間について調査した。その結果、日照時間については、すべての地点・単位期間において減少傾向が見出された。一方平均気温は、ハノイではすべての単位期間において増加傾向がみられたが、ナムディンでは1月と年平均で、ハイジューンでは1月のみに増加傾向がみられた。ただし気温については都市気候の影響も考えられ、とくにハノイではその影響が大きい可能性があり注意が必要である。郊外に位置するハイジューンのデータが、自然変動をもっとも良く表している可能性が高い。降水量については、地点ごとの傾向に違いがあり、ハノイでは、1月・7月および冬半年で増加傾向が、ナムディンでは、1月・7月には増加傾向、冬半年では減少傾向がみられた。一方ハイジューンでは、1月に増加傾向、夏半年に減少傾向、年間に減少傾向がみられ、対象とした3地点のみでも一貫した変化傾向が見られなかった。

さらに、1956-96年の期間での紅河中・下流域および主要支流域にある、ホアビン、イエンバイ、ソントイ、ハノイ、チュエンチャンにおける年平均、年最大・最小日流量の長期変化傾向を調査した結果、いずれの地点・要素においても長期的な変化傾向はみられなかった。紅河デルタ域での降水量の変化傾向とあわせて考えると、紅河流域においては、流域の水文環境が大きくは変化していないとみられる。この結果は、降水や流量の長期的減少傾向が近年著しい、タイのチャオプラヤ川などでの状況と対照的である。またイエンバイ以外の地点では、1971年における日最大流量が、調査期間中でもっとも大きい値で、1971年の洪水規模がきわめて大きいものであったことがわかった。1950-99年の期間におけるベトナムに影響を及ぼした台風の月および年合計数を、各年別に調査した。その結果、10年ごとの年間台風襲来数は、1950年代が5.0、60年代が7.2、70年代が7.8、80年代が7.7、90年代が7.1となり、1970年代がピークで、その後若干であるが減少していることがわかった。一方年間における最多襲来月は、1950年代は8月(月平均1.1個、以下括弧内は月平均個数を示す)であったものが、60年代、70年代は9月(それぞれ月平均1.9および1.8個)、80年代は10月(月平均2.4個)、90年代は11月(月平

均1.5個)と明確に年の終わりのほうに一貫してシフトしていることが明らかになった。緯度帯ごとの検討は十分ではないが、北緯20度以北の地域では、一貫して8月が最多襲来月となっており、むしろ緯度が低い地域での台風襲来期が長期的に変化していることを示していると考えられる。

#### 4. 今後の課題と発展

20年の研究期間で北部ベトナムの環境変動の実態を明らかにすることはできたが、海面変動に関しては高位海水準の位置を明らかにしておらず、今後の研究が待たれる。また、歴史時代の気候復元に関しては今回入手できたデータのみで行っており、更に長期レンジで眺める必要があり、いくつかの課題が残されている。

#### 5. 参考文献

- 1) Peirre Gourou(1936)Geographie du Viet am-Les Paysans du Delta Tonkinois, Publications de L'ecole Franaise D'Extreme-Orient.
  - 2) General Bureau of Hydro-Meteorology(1980)The Maps of storm traces in Chain Sea from 1854-1975,General Bureau of Hydro-Meteorology.
  - 3) Vu Van Pahi at(1992)Lich Su Phat Trien Bo Bien Ria delta Song Hong Trong Tho-Ky Gan Day, Tap chi CacKhoa Hoc Ve Trai Day,14(2).
  - 4) Van Viet(1992)The influence of climatic variation on the production of winter spring rice in the north Dleta of Vietnam and the means to crop with it, The climate change and its impacts on the ecological environment in south east Asia.
  - 5) Ngo Sy Giai(199)Assessment of climate change impacts to agriculture in Vietnam, Proceeding of Workshop in Iran.
  - 6) 春山成子・佐川美加(2000)トンキンデルタは西欧人の目にどのように映ったのか、地理。
  - 7) 春山成子(1999)河川地理学から見た北ベトナム・ナムディン省バツコク付近の地形、早稲田大学大学院教育学研究科紀要、10。
  - 8) 春山成子・佐川美加(2000)北部ベトナムの水、水利科学。
  - 9) 吉野正敏(2000)モンスーンアジアの環境変化と稲作社会、地理学評論、10。
  - 10) 桜井由緒雄(1987)ベトナム村落の形成、創文社。
  - 11) 桜井由緒雄(1982)18世紀および19世紀初期紅河デルタにおける流散村落の研究、東南アジア研究、20-2、12。
- 松本朝ほか(1997)東南アジア一風土、生態、環境一、弘文堂

#### 6. 発表リスト

- 1) S.Haruyama (2001) Geomorphologic Environment of the Red River Delta, Northern Vietnam、早稲田大学大学院教育学研究科紀要、11号。
- 2) S.Haruyama et al (2000) Holocene Sediment of the Southern Delta of the Song Hong, Technical Report 2000-18, 25p, Waseda university.
- 3) S.Haruyama et al (2000) Micro-Land Form and Geomorphologic Environmental Restoration on Delta using Electrical Exploration-the Red River Delta, Northern Vietnam, Technical Report 2000-15, 22p, Waseda university。
- 4) S.Haruyama (2000) Coastal Evolution of the Song Hong Delta, International Geographical Congress(Korea)
- 5) 春山成子(2000)紅河デルタの環境変動と農地災害、農業土木学会誌、68-9、921-926pp。
- 6) 平出重信、春山成子、ほか(2000)ベトナムバツコク村における垂直電気探査、秋季日本地理学会予行集。
- 7) 堀和明、春山成子、ほか(2000)ベトナム紅河デルタ堆積相と14C年代、日本地理学連合での発表

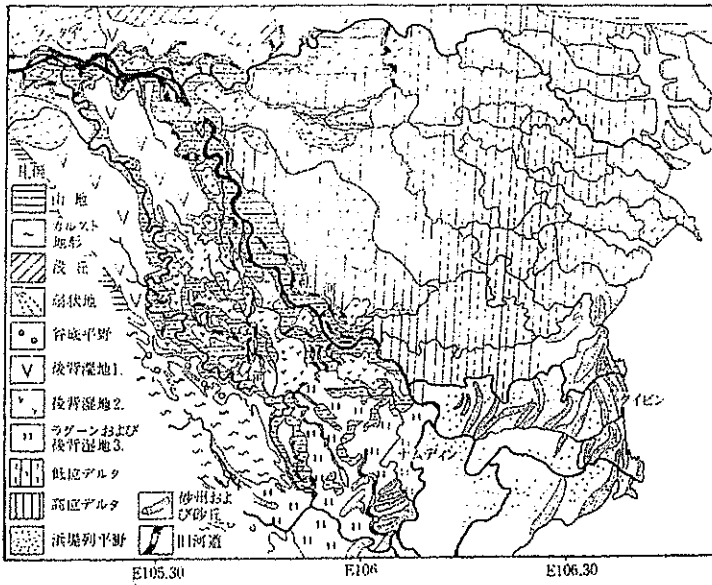


図-1 紅河デルタの地形

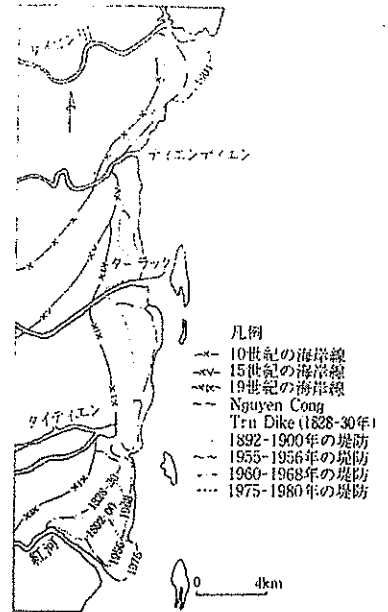


図-2 10世紀以降の紅河デルタの海岸線の変遷 (after Vu Van Phai, 1992)

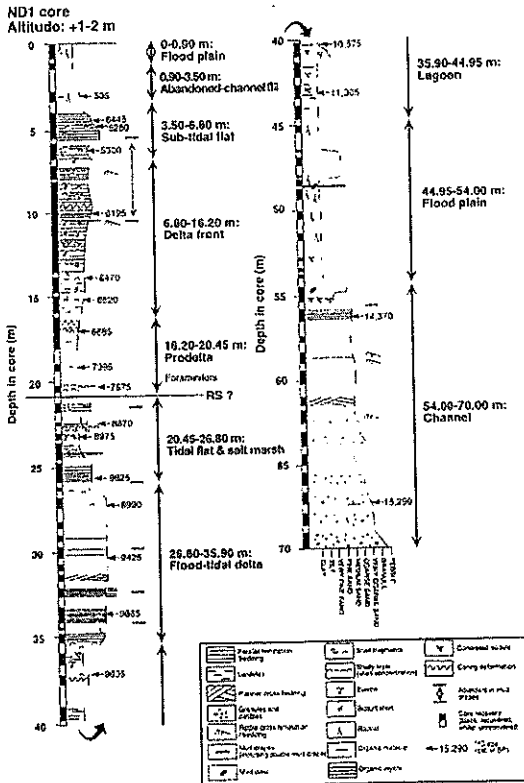


図4 ナムディン省バッコクのオールコアボーリング結果

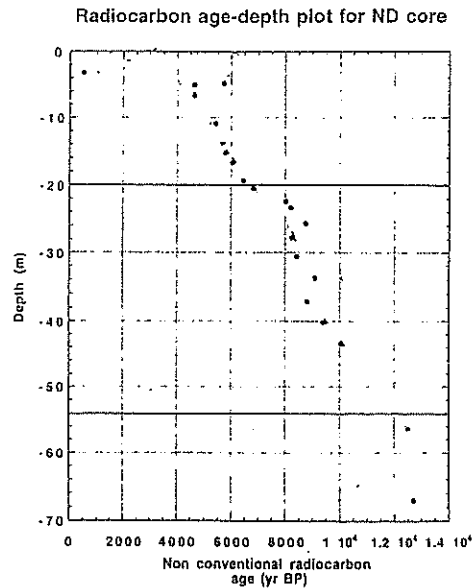


図5 北部ベトナムの海面変化

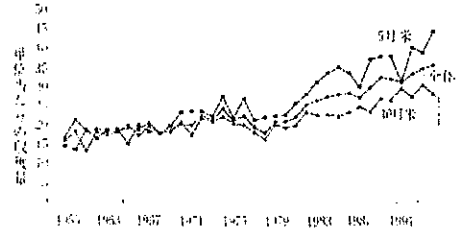


図-3 北ベトナムの単位年当りの台風発生数の推移

表-1 1949~1998年におけるベトナムの台風襲来

		発生件数平均 (1949~1998)	北部ベトナム	南ベトナム	全国計
El Nino	当該年前	2.5	2.5	5	
	当該年	2.8	2.2	5	
	当該年後	4.2	2.4	6.6	
	全体平均	3.2	2.2	5.4	
La Nina	当該年前	3.8	3.5	7.3	
	当該年	4.3	4.7	9	
	当該年後	3.8	2.4	6.1	
	全体平均	8	3.5	7.4	