

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H05636・19K20842

研究課題名（和文）山岳湿地の形成と発達に与える気候および地形変化の影響

研究課題名（英文）Effects of climate and geomorphological changes on the formation and development of mountain wetlands

研究代表者

佐々木 夏来（Sasaki, Natsuki）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・助教

研究者番号：40823381

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,580,000円

研究成果の概要（和文）：八幡平火山地域の山岳湿地を立地によって雪田型湿地、平地地流入型湿地、地すべり性湿地の3つに分類し、観測によって1年間の土壌水分特性を明らかにし、堆積物分析から湿地の発達過程と気候変動との関係を検討した。雪田型湿地では主に天수에涵養されて6月中旬まで継続する融雪水の供給が湿潤環境の維持に大切な役割を果たし、数百年から数千年スケールの気候変動の影響を受けていた。他の2つの湿地は、天水に加えて地下水が重要な涵養源となり、雪田型湿地よりも長期間安定的に存続していた。特に、地すべり性湿地は、初生的な地すべり活動後の局所的な地形変化で、同一地すべり地内の湿地でも発達過程や発達速度が異なる場合があった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

山岳湿地の存在は山岳地域の生物多様性に貢献し、生態学的に価値が高いことが認識されつつある。さらに、近年の気候変動が山岳環境に与える影響が懸念され、脆弱性が高いとされる山岳湿地が、過去の気候変動に対してどのように応答してきたかを明らかにし、湿地動態の将来予測をおこなうことは喫緊の課題である。本研究は、八幡平火山地域の山岳湿地を対象に、湿地周辺の地形、気候、水文環境を含む一つの系で自然環境を包括的に捉えて、湿地の外的変化への応答性を評価した。気候変動による生態系への影響を検討するための基礎情報を与える研究である。

研究成果の概要（英文）：Mountain wetlands in the Hachimantai volcanic area were classified into three types: snow patch type wetlands, local flat-inflow type wetlands, and landslide wetlands, then the soil moisture variation throughout the year were clarified by observation, and the relationship between development processes of wetlands and climate change were examined from sediment analysis. The snow patch type wetlands are recharged mainly by meteoric water, and the supply of snowmelt water, which continues until mid-June, played an important role in maintaining wetlands. Formation of the wetlands was affected by centennial-to-millennial scale climate change. The other two are recharged by groundwater in addition to meteoric water, and they survived for a longer period than the snow patch type. In particular, development processes and rates of landslide wetlands varied among the wetlands within the same large-scale landslide, controlled by local topographical stability after the initial landslide activity.

研究分野：自然地理学

キーワード：涵養水 土壌水分 湿地形成年代 気候変動 地形変化 大規模地すべり地

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

湿潤変動域に位置する日本においては、山岳地域にも多数の湿地(湖沼・湿原)が分布し、山岳景観を特徴づける要素の一つである。山岳湿地は希少種の生育場所として、また、氷期の植物遺存種の避難場所として生態学的に価値が高く、保護・保全の必要性が認識されつつある。さらに、近年の気候変動が山岳環境に与える影響が懸念されており、脆弱性が高いとされる山岳湿地が、過去の気候変動および地形変化に対してどのように応答してきたかを明らかにし、湿地動態の将来予測をおこなうことは喫緊の課題である。山岳湿地の形成場所は、噴火口、雪窪、地すべり性凹地など多岐にわたっている。そのため、湿地の形成には気候変動のみならず地形変化も影響し、湿地の成因によってこれらの外的変化による影響の受け方が異なると考えられる。したがって、湿地の特性を理解するには、周辺の地形、気候、水文環境を含む一つの系で自然環境を包括的に捉える必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、多様な湿地が共存する奥羽山脈の第四紀火山のうち、特に八幡平火山地域の湿地を対象とし、湿地の分布特性について特に地形と水文関係との関係に着目して明らかにするとともに、堆積物分析によって湿地の形成および発達過程を復元し、地形変化および気候変動との関係を明らかにすることを目的とした。個別の湿地の発達史を復元するに留まらず、湿地を含む地域の自然環境の動態を解明することが、本研究の特徴である。

### 3. 研究の方法

#### (1) 湿地の土壌水分特性観測

対象地域の湿地のうち、雪田型湿地(2か所)と平坦地流入型湿地(2か所)、地すべり性湿地(1か所)を選定し、地温、土壌水分、電気伝導度を計測した。計測センサを泥炭層中の6 cm 深の位置に埋設し、1時間毎に計測した結果をデータロガーに記録した。さらに、土壌水分特性の変動と降雨量の関係を明らかにするために、気象庁アメダス(地域気象観測システム)の日降水量データを使用し、調査地周辺の残雪分布と融雪状況を確認するために、3 m 解像度の衛星画像データを使用した。

#### (2) 湿地堆積物の掘削調査

土壌水分特性観測の対象と同一の湿地にて、湿地堆積物を掘削し、湿地堆積物の層相観察、色相計測、泥炭層および木片の放射性炭素年代測定、テフラ分析を実施した。地すべり性湿地について、観測対象とした大谷地は2015年に既に掘削調査を終了済みである。本研究では観測対象としていないが、湿地の発達過程における地形変化の影響を明らかにするために、大谷地と同一の地すべり地内に形成された長沼にて掘削調査を実施した。長沼の堆積物では、他の湿地堆積物で実施した分析に加えて、花粉分析をおこなった。

### 4. 研究成果

#### (1) 泥炭の土壌水分特性の季節変動(図1)

地温の日較差が非常に小さい時期は積雪に覆われている期間を示し、すべてのタイプの湿地で地温の季節変動の傾向に大きな違いは認められなかったものの、秋季から冬季にかけての緩やかな低下傾向に差があった。雪田型湿地では積雪開始後から間もなく最低地温で一定値になったが、平坦地流入型や地すべり性湿地では、緩やかに地温が低下を続けた。一般的に、積雪に覆われている期間の地表面温度は0 で一定値になる。本研究では、深度6 cm に地温センサを埋設しているため、この時間差には地下水による熱輸送が寄与していると考えられる。

土壌水分の変化は、すべてのタイプの湿地で融雪期に土壌水分の増加が認められ、融雪水が湿地の涵養源として大きな役割を果たしていることが確認できた。2019年5月初旬から6月中旬の比較的降水の少ない時期の土壌水分について、平坦地流入型湿地と地すべり性湿地では、土壌水分が多い状態が1~2週間継続した後に急激に減少したが、雪田涵養型湿地は土壌水分の多い状態を維持していた。雪田型湿地における観測地点の融雪完了は、地温の測定結果から5月下旬と推定できる。しかし、衛星写真で残雪の様子を確認したところ、湿地の周辺斜面には6月下旬まで残雪があった。したがって、6月中旬の梅雨前線による多雨期まで残雪による涵養が継続していたと考えられる。雪田型湿地が他の湿地と比較して、無積雪の期間を通じて高い湿潤環境を維持する傾向があるが、その要因は明らかにできなかった。将来の気候変動による影響を評価する上で重要な点だと考え、更なる検討が必要である。

電気伝導度は、雪田型湿地で年間を通じてほとんど変化がなかったが、平坦地流入型湿地と地すべり性湿地では、共通して積雪期の上昇と、融雪期の低下がみられた。雪田型湿地は、主に天水に涵養されるために電気伝導度の変動が小さいと考えられる。平坦地流入型と地すべり性湿地は、両者ともに地下水と天水が湿地を涵養し、積雪が地表面を覆っている冬季~春季は地下水の影響を大きく受けて電気伝導度は高くなり、融雪期には多量の融雪水(天水)が湿地に流入するために電気伝導度が急激に低下すると考えられる。

すべてのタイプの湿地で、融雪期に十分に涵養されて湿潤状態となり、消雪後の湿潤状態の維持には降雨による涵養も重要であることが明らかとなった。平坦地流入型湿地や地すべり性湿地は、地下水が特に重要な涵養源であり、積雪期も地下水の影響を受け、融雪後も降雨に応答し

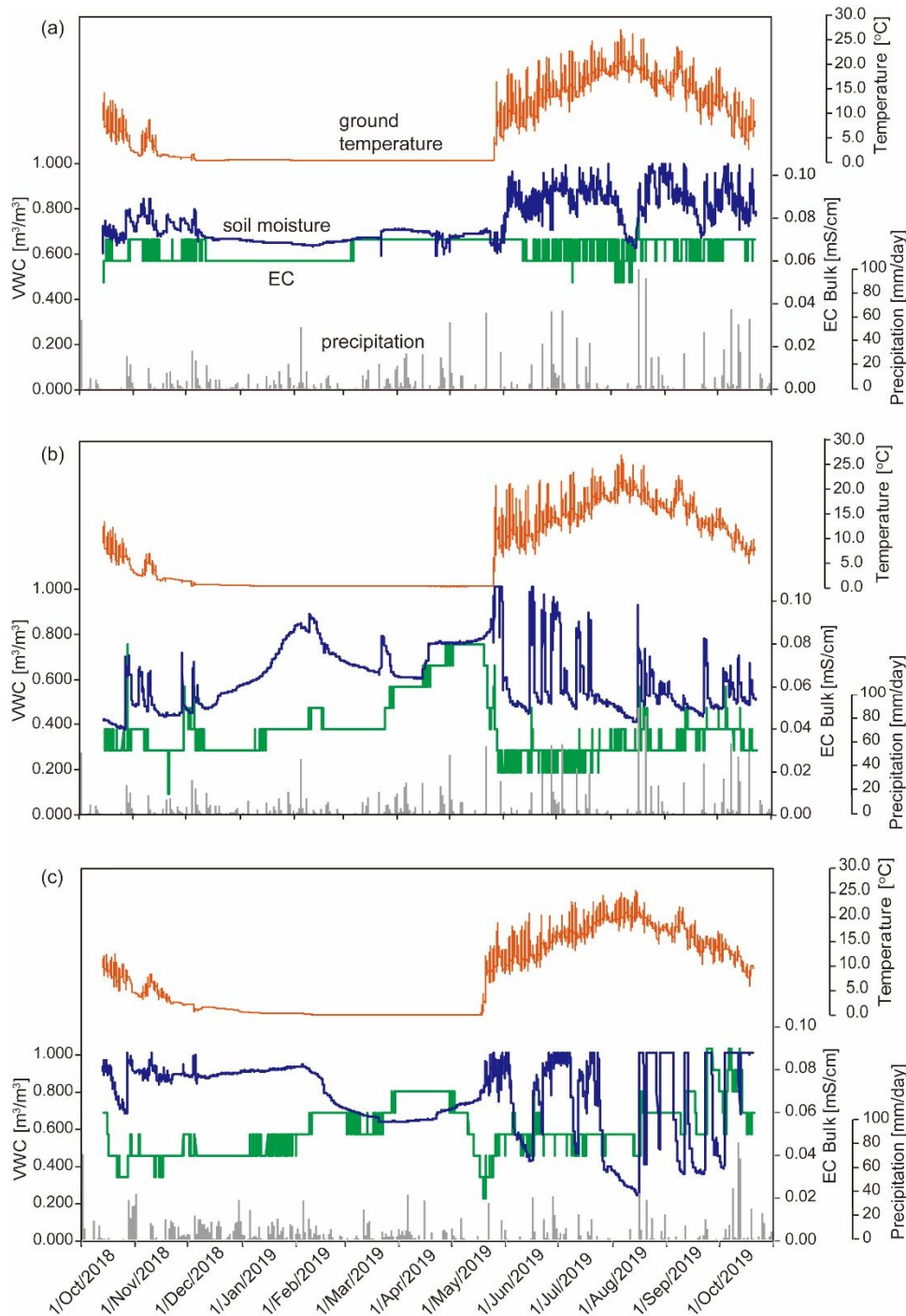


図 1 泥炭層の地温，土壤水分，電気伝導度の季節変動。(a) 雪田型湿地（三ツ沼東湿地），(b) 平坦地流入型湿地（三ツ沼），(c) 地すべり性湿地（大谷地）。

た浅層地下水の涵養によって湿潤状態が維持されていた。雪田型湿地は主に天水涵養で，梅雨期の降雨による涵養が開始されるまでは周辺からの残雪で涵養されていたことが明らかとなった。雪田型湿地は，今後の気候変動で融雪時期が早まり，梅雨時期まで連続的に涵養水を供給できなくなれば，湿地の縮小など影響が生じる可能性がある。

## (2) 湿地の形成及び発達における気候変動と地形変化の影響

雪田型湿地の堆積物は，泥炭層の下位に共通して埋没有機質シルト層が存在した。山岳地域における泥炭堆積開始は，多雪化による涵養水供給量の増加や，気候温暖化による残雪砂礫地の斜面安定化と有機物量（植物量）の増加が要因と考えられている。雪田型湿地の源太ヶ岳東湿地と三ツ沼東湿地の泥炭堆積開始年代は，それぞれ約 2200 年前と約 1500 年前で，いずれも気候温暖期に形成されたことが明らかとなった。また，三ツ沼東湿地の埋没有機質層の堆積年代はヒブシサーマルの時期に一致し，晩氷期に多雪化によって多くの湿地が形成されたとする指摘（小泉，1982）にも整合的である。したがって雪田型湿地は，晩氷期の多雪化後，数百年～千年程度の気候変動にตอบสนองし，湿地もしくは草原の拡大・縮小を経て，気候の湿潤温暖期に現在の湿地が形成

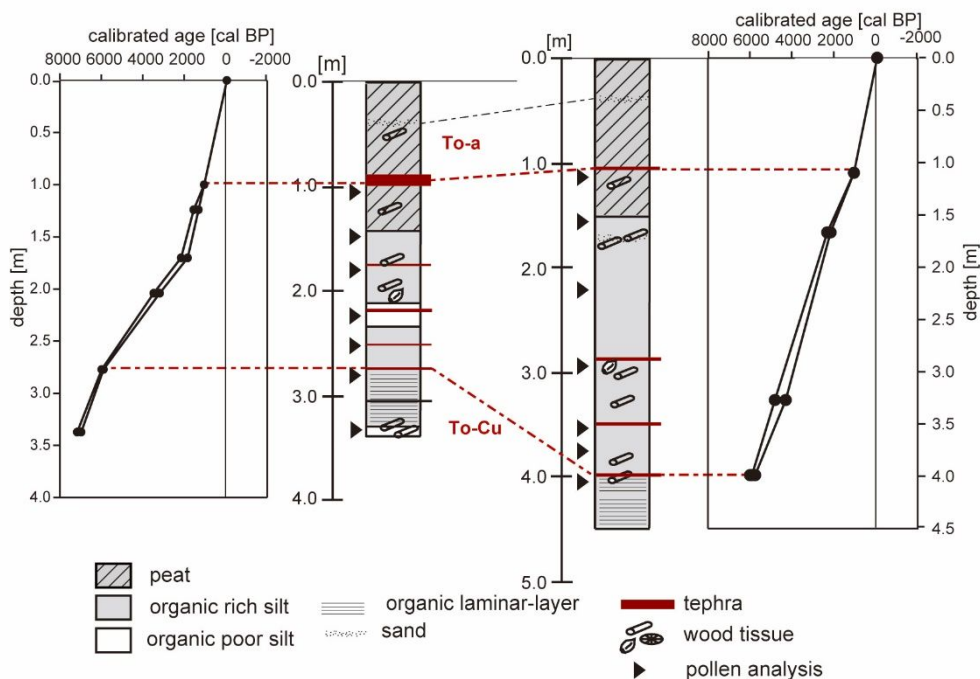


図2 長沼における湿地堆積物の柱状図と堆積速度曲線。

されたと考えられる。

平坦地流入型湿地に埋没有機質層は存在せず、泥炭の堆積開始以降継続的に泥炭もしくは有機質シルト層の堆積が継続していた。また、三ツ沼と三石湿原の泥炭層底部の堆積年代は、それぞれ約3400年前と約6500年前で、両者の年代には大きな違いがあった。平坦地流入型湿地の成立要因は、温暖もしくは寒冷の気候のみでは現在のところ明確な説明は難しい。そこで、三ツ沼と三石湿原の形成時期の違いについて涵養水量と周辺の地形から検討した。三ツ沼と三石湿原は両者とも積雪深が小さいにもかかわらず現在も中央部に水域を残し、涵養水が豊富な湿地である。また、共通して稜線上の鞍部に形成されているが、三石湿原の方が集水域は広く多量の涵養水を集められる。したがって、集水域が広く涵養水量が多い三石湿原の方が、長期間にわたり安定的に湿地環境を継続してきたと考えられる。

地すべり性湿地は、地すべり活動で生じた凹地内に成立し、気候変動よりも地すべり活動やその後の局所的な崩壊や侵食といった地形変化の影響を受けて湿地が出現・発達してきた(Sasaki and Sugai, 2018; 佐々木・須貝, 2018)。長沼は北部に水域を残し、南部に湿原が広がっている。水域に近いNN1コアと南側の縁辺に近いNN2の2か所の湿地堆積物はともに、上位に向かって有機質シルト層から泥炭層への変化が認められた。有機質シルト層はさらに深く続いているため、放射性炭素年代測定の結果から、長沼は7000年前以前に形成されたと考えられる。さらに、草本花粉は2.2 m以浅で徐々に増加し、2.2 m以深で抽水植物の花粉が含まれていたことから、長期間にわたって水深の浅い沼地が継続し、約2000年前頃に湿原化していたことが明らかとなった。長沼と同じく菰ノ森地すべり地内に形成された大谷地は、8600年前以前に地すべりが起こって湿原と森林のモザイク景観だったところが、約5500年前に大谷地全体が池となり、その後3300年前頃に排水されて現在のような高層湿原に発達したことが、堆積物の分析で明らかとなっている(Sasaki and Sugai, 2018)。大谷地が局所的な地形変化で沼沢化したり排水路の形成で急速に湿原化したりと発達過程が複雑なのに対して、長沼に明瞭な排水路は認められず緩やかに沼から湿原への発達する途上である。両湿地ともに初生的な大規模地すべり活動で形成された可能性があるが、その後の発達過程は局所的な地形変化の有無によって異なっており、地すべり性湿地の形成と発達には、千年スケールの気候変動よりも、地形変化が大きく関わっていると考えられる。

### (3) 水文特性からみた湿地の気候変動への応答性

八幡平火山地域の湿地を立地環境によって雪田型湿地、平坦地流入型湿地、地すべり性湿地に分類し、地形-水文環境の特徴を把握して湿地の形成および発達過程と気候変動との影響について検討した結果、湿地の涵養特性によって気候変動に対する応答性が異なっていることが明らかとなった。雪田型湿地は融雪水と降水を主な涵養源としており、周辺からの融雪水の供給が6月下旬まで継続することが湿潤環境の維持に大きく寄与していた。そして、数千～数百年スケールの気候変動に応答して出現と消滅を繰り返し、現在の湿地は気候温暖期に成立していた。雪田型湿地は、涵養源が限定されるため、他のタイプの湿地よりも気候変動に対して敏感に応答すると考えられる。平坦地流入型湿地と地すべり性湿地は、地下水も重要な涵養源の一つであり、雪田型湿地に比べて気候変動に対して安定的に存続できる。特に、平坦地流入型湿地では、集水域



が広く、周辺斜面からの浅層地下水をより多く集められる湿地ほど気候変動に対する安定性が高いと考えられる。大規模地すべり地内に形成された地すべり性湿地は、豊富な地下水を得て気候変動に対しては安定的であるが、湿地の形成と発達には、地形変化の影響を大きく受ける。

本研究により、同じ気候条件下では湿地の立地によって土壤水分の季節変動パターンは異なり、水文環境の違いが気候応答性にも影響している可能性が示唆された。今後、将来の気候変動に対する湿地の応答性を正しく評価するためには、さらなる観測の継続が必要であるとともに、気候の異なる他の地域でも同様の検討をすべきだと考える。

#### 引用文献

小泉武栄 (1982) 化石周氷河斜面、雪食凹地ならびに山地貧養泥炭地の形成からみた晩氷期以降の多雪化について. 第四紀研究 21, 245-253.

Sasaki, N. and Sugai, T. (2018) Holocene development of mountain wetlands within and outside of landslide in the Hachimantai volcanic group, northeastern Japan. Quaternary International 471, 345-358.

佐々木夏来・須貝俊彦 (2018) 船形山の大規模地すべり地の発達と湿地形成. 地形 39, 67-82.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Natsuki Sasaki, Toshihiko Sugai	4. 巻 2
2. 論文標題 Geomorphological analysis of wetland distribution on various spatial scales	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the International Cartographic Association	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-112-2019">https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-112-2019</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 1件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦, 高橋尚志
2. 発表標題 地すべりが創り出す山岳地域の湿地景観
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2020（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦
2. 発表標題 仙岩火山地域の山岳湿地における土壌水分特性の季節変動
3. 学会等名 日本地理学会2020年春季学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Natsuki Sasaki, Toshihiko Sugai
2. 発表標題 Hydrogeomorphological control on wetlands on a volcanic surface in Appi Highland, northern Japan
3. 学会等名 2019 American Geophysical Union Fall Meeting（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsuki Sasaki, Toshihiko Sugai
2. 発表標題 Geomorphological analysis of wetland distribution on various spatial scales
3. 学会等名 International Cartographic Conference 2019 Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦
2. 発表標題 八幡平火山の大規模地すべり地に形成された長沼の発達過程
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Natsuki Sasaki, Toshihiko Sugai
2. 発表標題 Geomorphic control on wetland distribution and sustainability in Japan
3. 学会等名 2018 American Geophysical Union Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦, 内山庄一郎, Mergen Kungaa
2. 発表標題 SfM写真測量と積雪観測から検討した安比高原における湿地の成立環境
3. 学会等名 日本地理学会2018年秋季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦
2. 発表標題 奥羽山脈における巨大地すべり地の土塊発達にตอบสนองした湿地の形成および発達
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦
2. 発表標題 奥羽山脈における湿地分布と火山・地すべり地形および積雪深との関係
3. 学会等名 日本地理学会2018年春季学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木夏来, 須貝俊彦
2. 発表標題 奥羽山脈の第四紀火山における山岳湿地の標高分布特性
3. 学会等名 日本第四紀学会2018年大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----