

青葉山と広瀬川の自然環境の利活用方法に関する提案とESDの実践

棟方有宗*・攝待尚子**・原田栄二***

The Proposal of the Practical Method for use of Aobayama Area and Hirose River, and Practice of ESD (Education for Sustainable Development)

Arimune MUNAKATA, Naoko SETTAI and Eiji HARADA

要旨： 仙台市の中心部には、現在でも青葉山や広瀬川の自然環境が比較的残されているが、かつては中心市街地の樹木と周囲の山林が連なった、より広域の多自然社会を構成し「杜の都」と呼ばれていた。本稿ではこれらの事実を紐解き、自然と都市が共生するこれからの新しい仙台街づくりの方向性とその利活用方法を提案する。また、そのために実践している持続可能な開発のための教育 (ESD) について報告する。

キーワード： 青葉山、広瀬川、ビオトープ、ESD、元気再生事業

1. はじめに

仙台市中心部には現在も青葉山や広瀬川の自然環境が多く残るが、中心市街地では対照的に緑が失われている。また広瀬川では、比較的水質が安定しているものの、堰堤等の人工構造物や取水といった新たな問題も生じている。本稿では、青葉山、中心市街地、広瀬川の三者の関係を特に自然環境との関係から整理し、過去から現在までたどりながら、これからの新しい仙台街づくりのあり方とそれらの利活用方法を提案する。また、将来像の実現に向けた一方策としてのESD (持続可能な開発のための教育) について報告する。

2. 仙台中心部の自然環境の成り立ち

仙台の中心市街地は、仙台市中央部の堆積平野につくられた河岸段丘の台地の上に発達している (図1参照)。南側には大学等の文教施設を擁する青葉山があり、その間を一級河川である広瀬川が蛇行しつつ東進している (仙台市史編さん委員会,1994)。青葉山は、仙台市西部の奥羽山脈から派生した連山の端部に位置している。また広瀬川は、奥羽山脈の関山峠 (標高650m) を水源として青葉山の北側に河岸段丘を形成しながら、東部の沖積平野を通して太平洋に流れ込む (仙台市史編さん委員

会,1994)。また、広瀬川沿いにはいくつかの山間狭窄部が存在しており、その一つによってつくられたのが愛子盆地である (小池ら,2006)。愛子盆地の東側の狭窄部から流出した土砂で形成された堆積平野の河岸段丘上に、現在の中心市街地がある。このように、仙台の中心市街地は青葉山に連なる山々と広瀬川的作用によって形づくられた地形の上に成立していることがわかる。

3. 仙台市街域の自然環境の変遷

(1) 藩政時代～戦前

藩政時代の仙台中心市街地 (広瀬川の北東側 (左岸側)) は、武家屋敷に有用樹木の植樹が義務づけられており、スギやケヤキ、タケなどから成る屋敷林が点在していた (宮城縣,1957、仙台市史編さん委員会,2003)。これらの樹木に周囲の丘陵地帯の山林が一体となり、「杜の都」と呼ばれる多自然都市を形成していたとされる (仙台市史編さん委員会,1997)。

青葉山は、仙台城主伊達家により管理され、多くが水源保持等の理由により藩有林とされていたため、原生林の一部がそのまま残ることとなった (仙台市史編さん委員会,2003)。また当時の広瀬川は、船運等の交易路やアユ、シロサケの漁場として広く利用されており (仙台市

*宮城教育大学教育学部理科教育講座, **宮城教育大学大学院理科教育専修, ***東北大学工学研究科都市建築学専攻

歴史民族資料館,1990)、水の一部は四ッ谷用水を通して中心市街地を潤していた(仙台都市総合研究機構,2001)。一方、明治期に入ると、仙台では廃藩置県等による社会構造の変化に伴って、屋敷の減少や樹木の伐採が起こった(仙台市史編さん委員会,1994)。しかし、青葉山は明治期以降も陸軍第二師団によって居住区開発が制限されたため、それまでと同様、比較的良好な状態の自然環境が残された。またこの頃はまだ広瀬川に対する環境負荷もそれ以降の時代と比べれば依然として少ないままであったと考えられる(仙台市史編さん委員会,1994)。

(2) 戦後～現在

第二次世界大戦終了後、中心市街地はさらに変貌を遂げる。空襲によって焼失した街を復興させるためにも多くの樹木が失われ、またその後の高度成長期にかけて、それまでの中心市街地の周辺にも宅地開発が広がった(加藤・加藤,1988)。一方、青葉山は、戦後直ちに駐留軍の管理下に置かれ、引き続き一般の利用が制限された。さらにその後、多くの部分が国立大学用地となり、1972年には東北大学附属植物園内のモミ原生林が国の天然記念物に指定されるなど、現在に至るまで多くの樹木が保全されることとなった(仙台市博物館,1994)。

広瀬川は、市街地の拡大(樹木の伐木や道路の舗装)により集水・保水機能が低下したとともに、中心市街地に隣接する中流域では下水の流入増加による汚染が進んだ(仙台市史編さん委員会,1994)。しかし、1962年の「健康都市宣言」や1974年の「広瀬川の清流を守る条例」の制定などを契機として水質保全を図る整備が進められ(仙台市博物館,1994、仙台都市総合研究機構,2001)、水

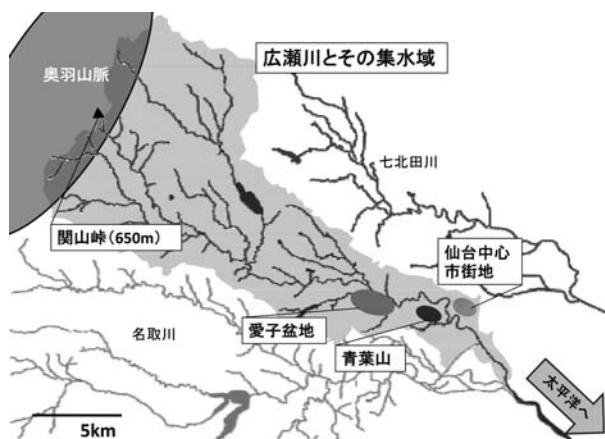


図1. 仙台市の青葉山・中心市街地・広瀬川の位置関係。網掛け部分は、広瀬川の集水域を示す。

質は回復基調をたどった。2008年現在、河川の水質指標として用いられるBOD(生物化学的酸素要求量)の数値は、支流域を含む13地点で環境基準を上回っている(仙台市,2008)。ただし近年、広瀬川本流域への堰堤の構築や発電・農・工業用水の取水、最大の支流である大倉川への大倉ダム(1961年完成)の建設、集水域から流出した土砂の堆積による中～下流域への寄り洲の出現といった、新たな問題も生じている。

4. 今後の仙台中心部の街づくりのあり方

(1) 都市基盤の整備

このように、仙台市中心部では青葉山の自然環境が比較的保持されたのに対して、北東側の中心市街地では開発による樹木や緑地の減少が起こった。また、広瀬川は、最も水質汚染が深刻であった時期を脱したものの、これとは別の幾つかの構造的な問題を抱えているのが現状である。

一方、現在、仙台市では市東部から中心市街地を経て青葉山、八木山動物公園を結ぶ地下鉄東西線の敷設や、青葉山への東北大学新キャンパスの整備事業が進められており、これからの仙台の街づくりのあり方を考える契機となっている。開発の是非については意見が分かれるが、本稿ではこうした開発との関係性も視野に入れて、これからの仙台の街づくりのあり方について私案を述べる。また、それらの利活用のアイデアについても述べる。

(2) 青葉山や広瀬川の自然環境を中心としたこれからの仙台街づくりの提言

ここでは、青葉山、中心市街地、および広瀬川を核とした将来の仙台街づくりのあり方についての私案を述べる。

まず、比較的良好な自然環境を残す青葉山は、今後も同様に樹木の保護が図られることが期待される。またこのエリアは、東北大学の新キャンパスの整備が進むことで、文教地区としての機能が高まる。さらに地下鉄青葉山駅(仮称)が開設されることで、街からの新たな人の流れが生まれることが予想される。

中心市街地には、現在減少している樹木や緑地を増やし、生物の拠所となる自然空間を創出することが期待される。例えば、緑地の拡大によりアスファルトに被われ

ない地面が増えることで、雨水の浸透量が増して中心市街地の集水・保水機能が向上し、広瀬川の水量をより安定した状態に保つことが可能になると考えられる。

広瀬川は、現在は良好な水質を維持しているものの、アユやシロサケといった回遊性の魚類にとっては移動を抑制する堰堤や、護岸、寄り州等の構造的な問題が残っている。今後は、各堰堤の魚道を魚類の降河・遡上を妨げないものと改修することで、河川の有用生物資源の増大を図ることが期待される。また、河川周辺の集水・保水機能の向上や土砂堆積により生じる寄り洲を抑制することで、瀬の多いかつての広瀬川の姿となることが期待される。また広瀬川は、青葉山と中心市街地の間に位置しており、両岸はそれぞれ山と街を結ぶエコトーン（移行帯）としても重要な役割を持つ。なお、広瀬川の大橋付近にも地下鉄の駅が新設される予定であり、前述の青葉山文教エリアと同様、より中心市街地からのアクセスが良くなることも期待される。

5. 仙台の新たな街づくりとその利活用方法の提案

これまでの仙台市中心部は、青葉山、中心市街地、広瀬川の自然環境のバランスが不均一であったのが実状である。今後新たな多自然型の街づくりが進むこととなれば、各エリアの自然環境の調和と接続がとれ、またそれらの自然環境を活用した新しい都市機能が生まれることが期待される（図2参照）。

例えば、青葉山は、従来の自然域に加えて文教地区としての役割が大きくなり、また地下鉄の整備によってアクセスが向上するといった特徴を活かし、市民の生涯学習を目的とした青葉山ツーリズムや、先端技術の展示、キャンパスの自然を開放することによるキャンパスツーリズムの拠点となることが考えられる。

中心市街地は、失われた樹木や緑地を回復することにより、ヒートアイランド現象の軽減や市民のアメニティーの向上が期待される。また、創出された緑地が点から面に広がり、青葉山から広瀬川を介して中心市街地へと続く緑地帯（緑の回廊）が形成されることが考えられる（図3参照）。これらの緑地帯づくりのきっかけには、街中に均等に配置されている学校と連携し、生物の拠所となる空間（ビオトープ）を設置することが望まれる（活

動内容については後述）。

広瀬川は、両岸のエコトーンの創出により川と中心市街地、青葉山との自然な結びつきが生まれ、動植物や風の通り道となる。また、魚道改修等により河川の上流・下流側との移動が可能となることで特に回遊性魚類が増加し、これらを活かした新しいアクティビティーが展開されることが期待される（図2参照）。

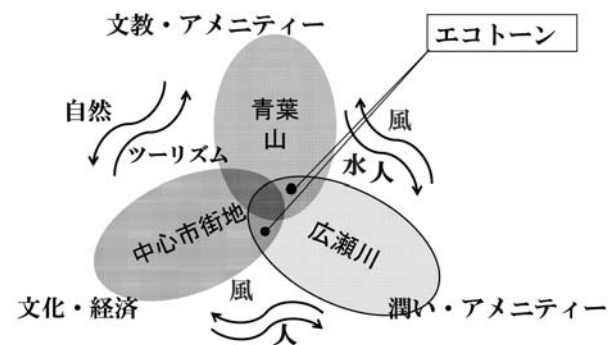


図2. 青葉山・中心市街地・広瀬川が持つことが期待される要素とそれらの利活用方法。

6. 将来の街づくりに向けたESDの実践

以上ここまででは、青葉山、中心市街地、広瀬川の三者の関係から、今後の新たな仙台街づくりのあり方とその利活用方法について私案を述べた。

一方、今後実際にこの方向に向かって街づくりを進めるためには、具体的な取り組みが必要となる。例えば、都市整備に関しては、引き続き国や県、市の行政レベルが主軸となって、整備を推進してゆくことが望まれる。これに関しては、地下鉄の敷設や東北大学の新キャンパス整備が大きな牽引役の一つとなることが期待される。一方で、中心市街地等の自然環境整備に際しては、市民が具体的なビジョンやその利活用のアイデアを提言し、行政の事業を牽引することが大切である。今後は自然と都市の共生のあり方や、その意味を理解し、提言できる人材の育成が街づくりの大きな基盤となる。

本研究では、ESD（持続可能な開発のための教育）を通じて、この人材育成を目指したいと考えている（図3参照）。以下では、これまで著者らが行ってきた、青葉山の自然環境や大学の学術研究結果を教材とした青葉山（広瀬川）・キャンパスツーリズム活動、ならびに筆

者らが現在構想している青葉山の自然を仙台中心市街地に拡げるための活動である緑の回廊構想について、概要を述べる。



図3. 仙台中心部の新たな街づくりのための教育面からの取り組み。青葉山と中心市街地の交流（往還）で、青葉山、中心市街地、広瀬川の緑の増大を目指す。

(1) キャンパス・青葉山（広瀬川）ツーリズム構想

A) キャンパスツーリズムのねらい

筆者らは現在、青葉山文教地区の研究施設や学術研究の成果を体験的に学習してもらうことを目的として、キャンパスツーリズムを試行している。目的は、大学の研究成果の還元を通して自然と都市が共存する新たな街づくりの方法を議論すること、および並行して青葉山の自然環境に実際に触れることである。

この目的のもと、筆者らは、2008年10月18日、19日にサケの生態や生息環境についての公開講座「サケが川から海に行き、また自分が生まれた川に戻ってくるのはなぜだろう？」（日本学術振興会後援 ひらめき☆ときめきサイエンス事業）、「サケのお話」（内閣府地方の元気再生事業、仙台元気再生イベント企画）を実施した。なお、「ひらめき☆ときめきサイエンス」では小学校3～6年生の子どもとその親、「サケのお話」では仙台の一般市民の参加を得た（図4、5参照）。

プログラムでは、宮城教育大学において、サケ科魚類の一種であるサクラマス（ヤマメ）の河川生活期の生態や、回遊行動のメカニズムについて、講義と観察を行った。また、ヤマメやイワナを水槽で観察すると共に、キャンパス内の大型水槽などの研究設備の見学を行い、合わせて青葉山や広瀬川の自然の持続的な活用方法を検討するための座談会を行った。

B) 青葉山（広瀬川）ツーリズム

青葉山（広瀬川）ツーリズムでは、受講者とともに直接青葉山や広瀬川の自然環境を観察し、新たな街づくりのあり方を議論した。これについては、2008年11月9日に元気再生事業のイベント、「魚類の視点で、広瀬川を考える」の事例を紹介する（図6参照）。このプログラムでは、小学生の親子4組の参加を得、広瀬川でシロサケが産卵を行う様子の観察や、支流の河川環境の観察を通して、青葉山の集水機能や魚類の生息環境について考えることを目的とした。まず我々は、中心市街地から近い牛越橋の上からシロサケの産卵の様子を観察し、この場所でシロサケが産卵を行うためには、川底からの水質のよい浸透水が必要なことを学習した。次にこれより上流の北堰や、併設されている魚道の様子を観察し、魚類と河川構造物の関係について考えた。また、広瀬川へ流れ込む支流の一つである青葉山の沢（化石の森）を観察し、広瀬川の集水機能における支流の重要性について

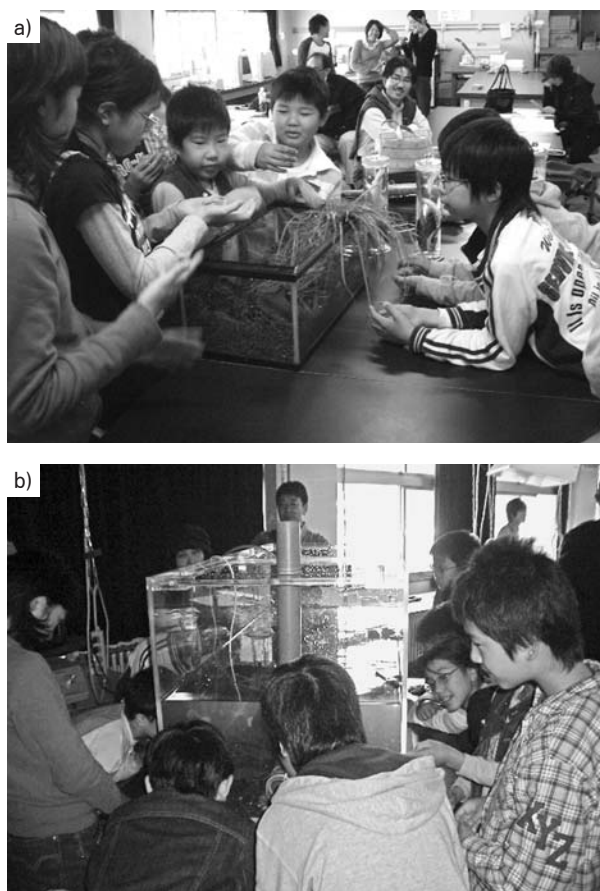


図4. 「ひらめき☆ときめきサイエンス」の様子。

a) 河川環境を再現した水槽で水生昆虫の生息の様子を学習した。b) 大型水槽内のヤマメとイワナの行動観察を実施した。

考えた。



図 5. 「サケのお話」の様子。実体顕微鏡で、水生昆虫の観察をしているところ。

(2) 緑の回廊構想 — 中心市街地への緑の拡大 —

一方、筆者らは仙台の中心市街地の樹木や緑地を増やすための一方策として、学校にビオトープを設置するプログラムの準備を進めている。以下、ビオトープ設置のねらいと、ビオトープの設置を題材とした学習プログラムの開発に向けた基礎研究について述べる。

A) 中心市街地にビオトープ設置をすることの意味

学校は、街の中に比較的均等に分布していることから、学校に生き物の拠所となる空間であるビオトープを設置することで、中心市街地の中に一定間隔で緑地が生まれる。その点が線となり面となって青葉山からの緑地帯(緑の回廊)が創出されることが期待される。またこれにより青葉山、中心市街地、広瀬川の間で自然資源の交流が生まれ、中心市街地の生態系機能の増大や広瀬川の集水機能の向上が期待できる(図3参照)。さらに、教育現場にビオトープを設置することは、将来の自然と人の調和を推進する人材を育成するという、教育的側面も考えられる。

B) ビオトープの設置に向けた基礎研究

著者らはこれまで、希少淡水魚類である仙台産アカヒレタビラ (*Acheilognathus tabira* subsp. R) の保全のためのビオトープ(ため池)管理法の開発を行ってきた(棟方ら, 2006, 2007)。学校に設置されることが想定されるため池では、筆者らのため池も含めて、水質の管理が大きな課題となるが、これらは水源の多くを不定期の降水に依存するのが実態と思われる。そこで本研究では、



図 6. 「魚類の視点で広瀬川を考える」の様子。

c) 牛越橋からシロサケの産卵の様子を観察した。
d), e) 化石の森(青葉山の沢)で支流の果たす役割について学んだ。

仙台中央部の青葉山に降った雨または雪(降水)の水質を明らかにする一環として、これらの酸性度を測定したのでここにその結果の一部を紹介する(図7参照)。

酸性度の測定では、まず宮城教育大学構内一号館屋上に、酸性雨分取器レインゴラウンドⅡ(株式会社 堀場製作所)を設置し、降水を採取した。次にpH7.0、

pH4.0の標準液につけて校正を行ったpHメータ（D-52型 再現性 $\pm 0.01\text{pH} \pm 1\text{digit}$ 、 $\pm 0.1^\circ\text{C} \pm 1\text{digit}$ （堀場製作所））を用いて、試料のpHを測定した。

2008年8月29日～2009年2月9日までに観測した降水のpH測定結果を図7に示した。なお、図中では観測期間中の各日の降水量を棒グラフで、計測を行った降水のpH（平均値）をプロットで示した（のべ9日分）。降水量のデータは、気象庁仙台管区気象台（仙台市宮城野区五輪1-3-15）が記録、インターネット上で公開しているデータを引用した。

一般に、酸性雨とはpH5.6以下の雨を指す（指宿ら, 2007）。今回、全降水で酸性雨の基準値（pH5.6）以下が観測された。特に11月末以降の雪混じりの降水では、低いpHが観測された。

ビオトープ池のような閉鎖系ため池においては、降水は重要な水源の一つであり、飼育水の酸性化は水生生物の息に悪影響を及ぼすことが考えられる（Brönmark and Hansson, 2007）。従って、池の水質維持のためには、酸性雨を緩衝するような緩衝力の高い底質を整備することが重要と考えられる。

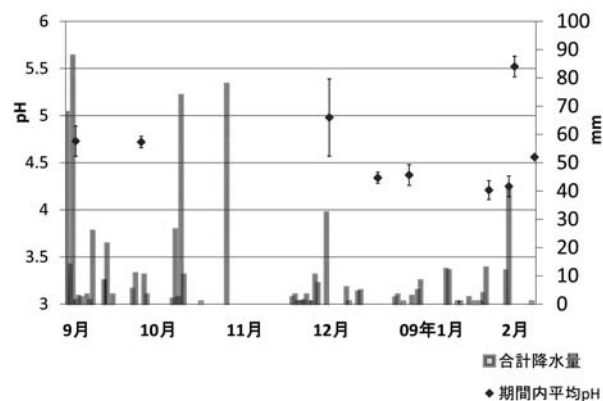


図7. 一日の合計降水量と一降水あたりのpHの変動（2008年8月29日～2009年2月9日）（エラーバーは標準誤差）。

一方、このように仙台市内では恒常的に酸性雨が降っていることがわかることで、中心市街地の新たな街づくりについても、新たな指針が得られることが期待される。すなわち、アスファルトで舗装された中心市街地に降った雨は、土壌へ染み込まずに大部分がそのまま河川に流入する。これにより河川は増水に加え、酸性化を引き起こす可能性がある。酸性化は例え短時間であっても、ア

ユやサケ等の回遊性魚類では遡上といった行動が抑制されることが予測される（指宿ら, 2007）。幸い、現在広瀬川の酸性化は観測されていないが（仙台市, 2007, 2008、宮城県, 2008）、今後もこの状態を維持するためには、青葉山の山林だけでなく中心市街地の緑地帯が酸性雨の緩衝地として機能することが望まれる。この観点からも、ビオトープによる中心市街地への緑地帯の増大が望まれる。

7. おわりに

筆者らはこれまで、青葉山付近の広瀬川の魚類相（棟方・白鳥, 2005）や底生生物（棟方ら, 2004）、水温の日周変動（棟方・大浪, 2006）の観測や、宮城県の絶滅危惧淡水魚類の保全に係る研究を行ってきた（棟方ら, 2006）。冒頭でも述べたように、仙台は広瀬川の中流域に発達し、その中で広瀬川や青葉山の自然環境が残された、都市部としては珍しい環境を持っている。これらの仙台独特の都市環境を活かしながら、自然と都市が共生する街づくりが進んでいくことで、他の都市における街づくりにとってもモデルとなることが期待される。

謝辞

「サケのお話」と「魚類の視点で、広瀬川を考える」は、仙台の元気再生事業の一環として行われました。また「科学研究費補助金（KAKENHI）研究成果の社会還元・普及事業 ひらめき☆ときめきサイエンス」は、日本学術振興会の助成を受けて行われました。また、ビオトープ普及促進事業には、日本教育公務員弘済会の助成を受けて行われます。本活動に対するご理解とご支援に、心よりお礼申し上げます。

引用文献

- Brönmark, C. and Hansson, L.A. 占部城太郎翻訳. 2007. 湖と池の生物学 生物の適応から群集理論・保全まで. 共立出版.
- 指宿堯嗣・上路雅子・御園生誠 編集, 2007. 環境化学の辞典. 朝倉書店.
- 加藤多喜雄・加藤陸奥雄 監修, 1988. ふるさと宮城の自然. 宝文堂.
- 小池一之・田村俊和・鎮西清高・宮城豊彦 編集, 2006.

- 日本の地形 3 東北. 東京大学出版会.
宮城縣, 1957. 宮城縣史 8 (土木).
- 宮城県環境生活部環境政策課 編集・発行, 2008. 平成
20年度宮城県環境白書.
- 棟方有宗・佐藤康博・加賀谷隆, 2004. 広瀬川中流域 (郷
六～牛越橋) における底生動物群集の周年変動. 宮城
教育大学環境教育研究紀要. 7:13-20.
- 棟方有宗・白鳥幸徳, 2005. 青葉山の広瀬川における魚
類相. 宮城教育大学環境教育研究紀要. 8:153-161.
- 棟方有宗・大浪達郎, 2006. 広瀬川中流域における水温
の日周・季節変動 水温が魚類の分布・生息に及ぼす
影響. 宮城教育大学紀要. 41:53-62.
- 棟方有宗・上嶋勇輝・田幡憲一, 2006. 仙台産アカヒレ
タビラの人工増殖法の開発ならびに環境教育活動の実
践 ～小型プラスチックチューブ、水槽、ため池によ
る増殖法の検討～. 宮城教育大学環境教育研究紀要. 9:
41-49.
- 棟方有宗・上嶋勇輝・攝待尚子・田幡憲一, 2007. 仙台
産アカヒレタビラの保全に向けた環境教育活動の開発
と実践. 宮城教育大学環境教育研究紀要. 10:23-31.
- 仙台市博物館 編集・発行, 1994. 市史せんだい 第 4 号.
仙台市環境局環境部環境管理課 編集・発行, 2007. 仙
台市の環境平成18年度実績報告書概要版.
- 仙台市環境局環境部環境管理課 編集・発行, 2008. 仙
台市の環境平成19年度実績報告書.
- 仙台市歴史民俗資料館 発行, 1990. 広瀬川流域の民俗
仙台市歴史民俗資料館調査報告書第 9 集.
- 仙台市史編さん委員会, 1994. 仙台市史 特別編 1 自然.
仙台市.
- 仙台市史編さん委員会, 1997. 仙台市史 資料編 3 近世
2 城下町. 仙台市.
- 仙台市史編さん委員会, 2003. 仙台市史 通史編 4 近世
2. 仙台市.
- 仙台都市総合研究機構 編集・発行, 2001. 広瀬川ハン
ドブック.
- (参考ウェブページ)
- 青葉山まるまる探検隊ホームページ (元気再生事業)
<http://aobayama.org/>
- 気象庁仙台管区気象台データベース「過去の気象データ
検索」(2008年 8 月～2009年 2 月のデータを引用)
<http://www.data.jma.go.jp/>
- 内閣府ホームページ 元気再生事業提案書概要「自然と
都市が共生する学都仙台再編プログラム (宮城県仙台
市 (青葉区))」
<http://www.kantei.go.jp/>