

広島県瀬戸内海沿岸域の降雨特性 - 降雨時間帯、季節性、降雨強度 -

小野寺 真一*・成岡 朋弘**

* 広島大学総合科学部

** 広島大学生物圏科学研究科

Rainfall properties in Setouchi region, Hiroshima ; rainfall time, seasonality and intensity

Shin-ichi ONODERA* and Tomohiro NARUOKA**

*Faculty of Integrated Arts and Sciences, Hiroshima University

**Graduate School of Biospheric Sciences, Hiroshima University

Abstract : For predicting the timing or intensity of nitrate loss, sediment yield and flood in Seto Inland Sea catchments, we confirmed rainfall properties there by using hourly rainfall data at Shimo-Kamagari Island and Miyajima Island. The average annual precipitation is about 1100 mm and 1600 mm at both islands, respectively. Total rainfall at the events of more than 30 mm exceeded 50 % of the total annual rainfall at both sites. From the results analyzed rainfall time, the peaks of rainfall intensity were found around 6 AM and 5 PM. Timing of rainfall was controlled by rainfall mechanisms and landform characteristics. Maximum hourly rainfall intensity was similar at both sites during a big event of more than 70 mm.

Keywords : *rainfall, Setouchi region, time, seasonality, intensity*

はじめに

瀬戸内海沿岸流域は、一般的に温暖少雨な気候であることが知られている（吉田，1975；岡本，1998）。しかしながら、局所的に土砂災害を引き起こすような大雨がある時間帯に集中的に降ることがある（桑田・海堀，2001）。すなわち、本地域において時間降雨特性は重要であるにもかかわらず、必ずしも明確ではない。特に、1999年に広島県で多発した土砂災害（海堀ら，1999）に対しては、時間降雨特性の大きな影響が指摘されている（桑田・海堀，2001）。また、流域の水循環や物質循環に対して、降雨はインプットとして重要であり（Likens and Bormann, 1995）、そこでの非定常な過程すなわち降雨時の物質移動や洪水流出などを解明していくためには、時間降雨特性は重要である。例えば、瀬戸内海や霞ヶ浦などの富栄養化水域では、一般にその集水域における農業地域を中心に河川や地下水の水質が悪化し（田淵・黒田，1991；竹内，1995；田瀬，2000）、下流にある水域に定期的に栄養塩が流入していることが問題視されている。しかし、特に、増水時期に窒素流入量が増加し年間の流入量の大部分を占めることが知られている（Burt et al., 1993）。すなわち、このような窒

素負荷量を予測していくためには、降雨特性を明らかにした上で流域の流出経路を同定し（小野寺ら，2001）、洪水流量を予測していくこと（小野寺ら，2002）が必要である。降雨特性の記載については、従来から利用されてきた降雨強度や総降水量といった項目の他に、Oki and Mushiake(1994)によって降雨時間帯やその季節性、Dairaku et al. (2000)によって降雨継続時間などが検討されてきた。瀬戸内地域においても、時間降雨を対象とした同様の解析を行う必要がある。

そこで、本論では瀬戸内地域における降雨特性の解析を行い、特に降雨時間帯、その季節性、降雨強度について明らかにすることを目的とする。なお、ここでは比較的降水量の多い広島県西部の宮島と降水量の少ない広島県東部の下蒲刈島を例に議論する。

研究地域

研究地域として、瀬戸内地域の中で本州内陸部の山地の影響が少なく、比較的年降水量の変化が大きい広島県西部と東部の島嶼を対象とした。広島県西部の例として宮島、東部の例として下蒲刈島(図1)の時間降水量データを使用した。データは、宮島については広島県防災情報システムから2001年の1年間、下蒲刈島については下蒲刈町役場から1996年から2002年までの7年分をそれぞれ提供してもらった。雨量計は、宮島北東部の宮島町役場屋上と下蒲刈島北東部の下蒲刈町役場屋上にそれぞれ設置してある。

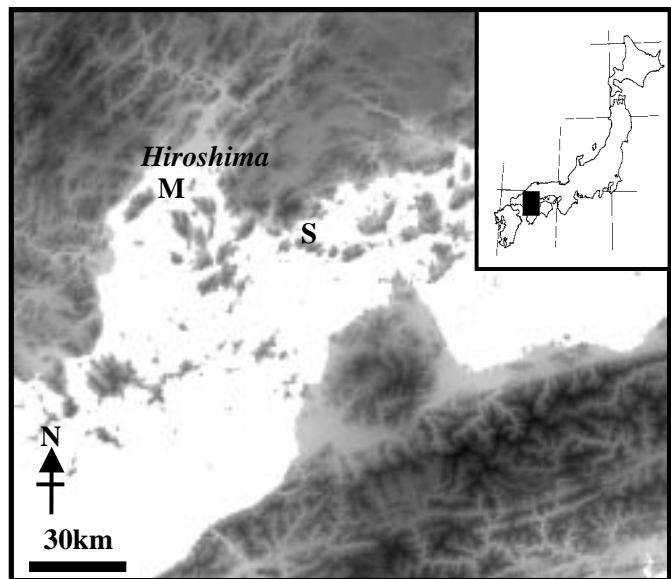


図1 研究地域、M；宮島、S；下蒲刈島

本研究では、1年以上の2地点の時間降水量データを用いて、降雨強度、降水量、降雨時間帯の検討を行った。また、それぞれ季節的な変化についても検討した。

結果と考察

- 1 日降雨量の変動

図2に2001年の2地域における日降雨量の変動を示す。2001年の年降水量は下蒲刈島で885mm、宮島で1680mmである。下蒲刈島ではやや降水量が少ないが、1997年が1258mm、1998年が1046mm、1999年が1048mmであったことと、2000年の役場の移転にともなってそれ以降雨量計の位置が300 m程度移動した点を考慮すると、2001年はやや過小評価している可能性がある。しかし、移動距離が短いため、降雨時間帯などの傾向は雨量計の移転後も移転前とほぼ同じであると考えられる。各地域では、それぞれ6月から7月と9月から11月に降水量が多くなっている。これらは梅雨前線と秋雨前線および移動性低気圧による降雨に相当すると考えられる。また、下蒲刈島では、20mm以上のまとまった降雨イベントは5月から7月にかけてと10月、および11月下旬から

12月上旬にかけての間に限定されている。一方、宮島は1月、5月から10月、および11月下旬から12月上旬にかけてと比較的継続している。特に、60mm以上のイベントは5月から10月にかけて6回もある。そのうち、6月20日には100mmを越える降雨イベントが発生している。

図3に各地域における日雨量の出現頻度分布とその総量を10mm間隔で集計した値で示す。出現頻度は10mm以下の降雨イベントが最も多く、年間で50回にも及んでいる。また、年降水量が2倍近く異なる2地域でもこの出現数には大きな差はみられない。ただし、10mmから20mmおよび20mmから30mmの出現頻度およびその総量に関しては、宮島の方が2倍以上になっている。また、下蒲刈島は30mmから40mmをピークにそれ以上のイベントでは徐々に出現頻度、総量ともに低下していくが、宮島は60mmから70mmにもピークがあり、さらに100mm以上でも小さなピークがみられる。すなわち、2地域の年降水量の差は、日降水量が50mm以上のイベントの頻度によって決まってきたといえる。また、30mm以上のまとまったイベントの総雨量は下蒲刈島で年降水量の48%、宮島で55%、20mm以上のイベントではそれぞれ年間の57%、68%になる。すなわち、まとまった降水量のときに集中的に栄養塩類の流出（平田・村岡，1988；Moldan and Cerny, 1994；勝山ら，1999；小野寺ら，2002）や土砂の流出（武井ら，1982；Graf, 1987；Nishimune et al., 2002）が起こることが知られているが、本地域では年降水量の半分以上がそれらの流出に関して有効に作用していることが推定される。

2 降雨時間帯の特性

図4に時間帯ごとの年間積算降水量を示す。ここでは、降水量の少ない下蒲刈島のデータも時間特性に関して宮島と同様に議論するため、(a)の縦軸のメモリサイズを(b)の2倍に拡大してあ

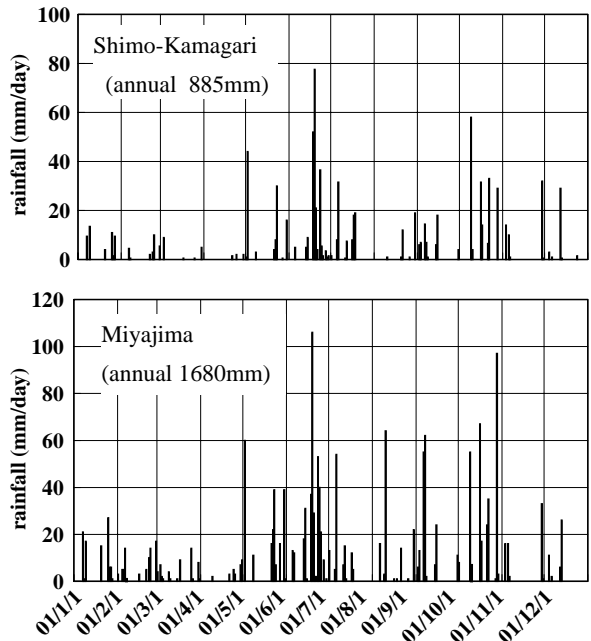


図2 2001年の日降水量の変化

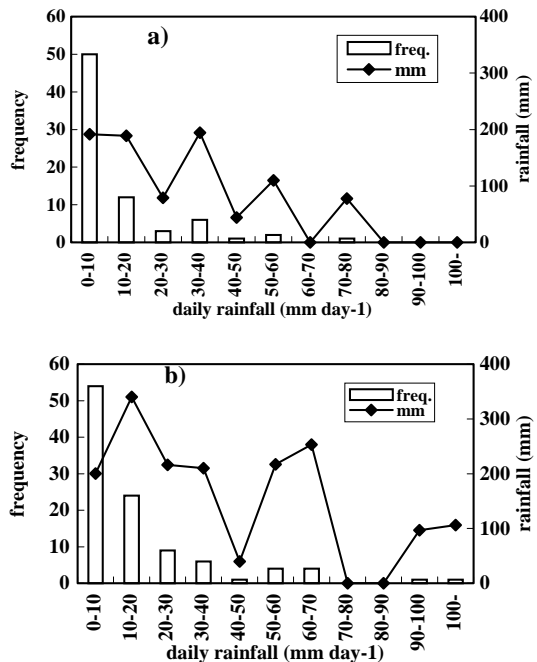


図3 日降水量の出現頻度分布とその総量の分布（10mm間隔）。
(a)下蒲刈島、(b)宮島

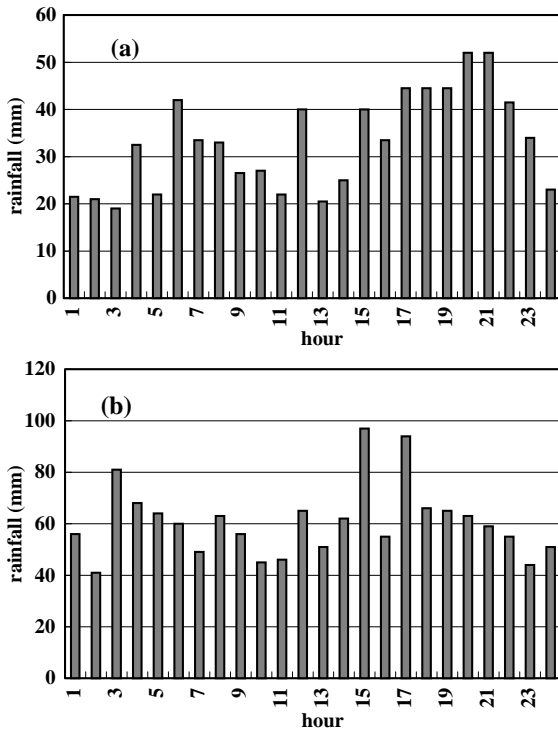


図4 時間帯別の年間降雨積算量の分布 .
(a)下蒲刈島、(b)宮島

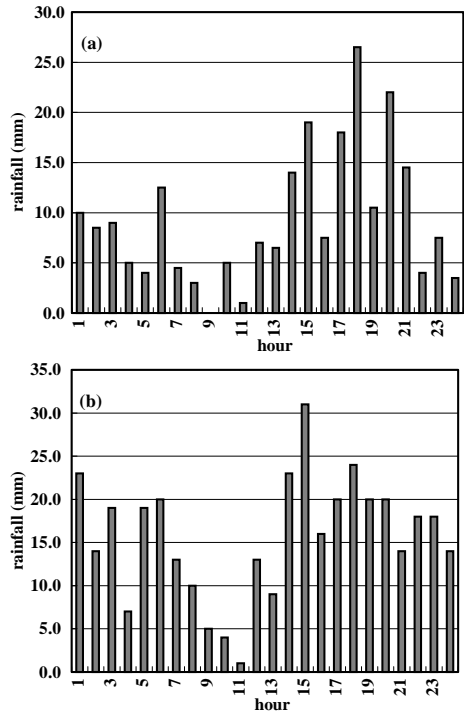


図5 2001年6月の時間帯別降水量の分布 . (a)下蒲刈島、(b)宮島

る。下蒲刈島では、午前6時と午後8時に降水量のピークがみられる。それぞれの積算降水量は午前中に比べて午後の方がやや多い。一方、宮島では午前3時および午後5時に明瞭な降水量のピークがみられる。宮島と下蒲刈島の降水量を比較すると、午前と午後に見られた降水量のピークはそれぞれ約3時間の時間差があり、いずれも宮島に比べて下蒲刈島で遅れている。このことは、主な降雨イベントは雨域が西から東に移動していることを示唆している。雨域の移動の過程では、水蒸気の供給が少ないため降水量自体は減衰していくものと考えられる。

次に、月ごとの時間帯別降水量の分布と気象状況（広島地方气象台，2001）との対応を踏まえながら、降雨の特性を議論する。図5に2001年6月の時間帯別積算降水量の分布を示す。この1ヶ月の降水量は下蒲刈島で223mm、宮島で375mmであり、この1ヶ月間の降水量はそれぞれ一年の中でもっとも多かった。時間帯では、下蒲刈島では1時、6時、18時と大きく3回のピークがあり、その大きさは3番目の午後のピークが他の2倍程度に達している。また、9時から11時にかけてはほとんど降雨の無い時間帯である。一方、宮島では1時、6時、15時に降水量がピークに達し、最も降水量の多い3番目のピークは他の1.5倍程度である。また降雨の無い時間帯は11時にみられる。ここでの特徴は、午前中の2つのピークおよび無降雨時間帯は2つの地域でほぼ一致するのに対し、午後の最大のピークに関しては、前述した年間の傾向と同様に下蒲刈島で3時間の遅れを持つことである。当時の天気図で判断すると、午前中の降雨に関しては、前線の北上にともなう降雨（6月23日；前線は北西-南東方向で2地域を同時に通過しやすい）で2地域にほぼ同時に雨域がかかるような状況であり、午後の降雨については前線の南下にともなう降雨（6月19日；前線は北東-南西方向で2地域では時間差を生じやすい）で前線の移動にあわせて3時間遅れたものと考えられる。すな

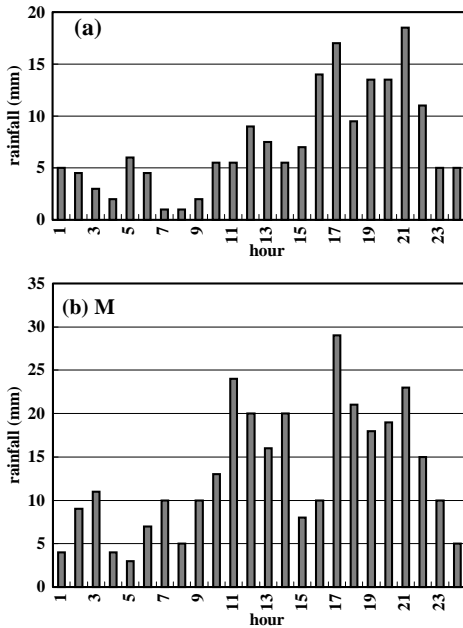


図6 2001年10月の時間帯別降水量の分布 (a)下蒲刈島、(b)宮島

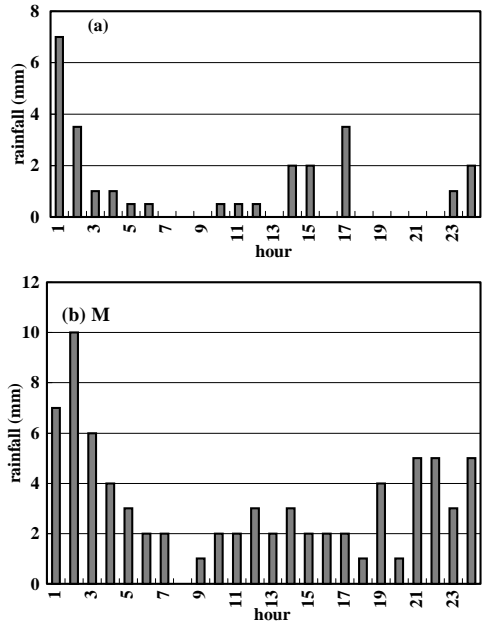


図7 2001年2月の時間帯別降水量の分布 (a)下蒲刈島、(b)宮島

わち、これは午前と午後で降雨イベントをもたらす因子が異なるために生じたものである。

次に、6月について降水量が多かった2001年10月の結果を図6に示す。それぞれ月降水量は下蒲刈島が176mm、宮島が314mmである。下蒲刈島での降水量のピークは、それぞれ1時、5時、12時、17時、21時で、4番目および5番目のピークが最大で、他のピークに比べて2倍から3倍である。一方、宮島では、3時、7時、11時、17時、21時が降雨のピークであり、17時が最大で、3時に生じた最小のピークの3倍である。ここでは、前述の6月とは異なり、午後のピークはほぼ同時に生じ、午前中のピークは宮島に比べて下蒲刈島に雨域が早く到達している傾向を示す。天気図から判断すると、午後のピークは前線（北西-南西方向）をともなった低気圧の移動（10月10日、16日）により雨域は同時に通過している。一方、午前中のピークの遅れは見かけのものである。南海の台風（10月17日）および日本海の低気圧（10月22日）の東への移動にともない湿潤な南方の空気が吹き込むことにより、宮島のみ3時および7時に降雨がもたらされたためである。下蒲刈島は四国の山影効果により水蒸気は輸送されず、この間は無降雨となっている。

図7に降水量が少なかった2001年2月の結果を示す。下蒲刈島は1時および17時に降水量のピークが出現し、1時が最大となっている。一方、宮島は2時、12時、21時と蒲刈島に比べて分散している。それぞれ2月24日が主な降雨イベントで、天気図によれば、このイベントは前線をともなう低気圧の通過によるものであるため、雨域は比較的同時に通過したと考えられる。

以上より、本地域の降雨は、前線の北上、南下、および冬季、夏季の低気圧の移動にともなってもたらされ、それによって時間帯が決定されているといえる。ただし、平均的には日の出前後および日没後に大きなピークが存在している。このことが瀬戸内の地域性に関連しているかどうかは不明である。

- 3 時間強度特性

図8に2001年6月の時間降雨強度の分布を示す。6月19日の夕方が月の最大降雨強度を示し、宮島で20mmを超え、下蒲刈島でも19.5mmに達している。この降雨イベントは、前述したように前線の活動によるもので、前線が北上する際に宮島では100mmを越えるイベントとなった。また、降雨強度は午後の方が強い傾向がある。これは、日中の日射の影響で生じる海風によって水蒸気が供給されたことも関連しているのではないかと考えられる。

降雨強度について、日雨量が多い時期(6月19日)では2地域の差は小さかった。一方、日雨量の少ない時期(6月23日)では2地域の降雨強度の差が大きかった。すなわち、四国による山影効果によって南洋から吹き込む水蒸気が遮断される場合あるいは前線をとまなう低気圧の移動の際に水蒸気の供給が少ない場合などでは、2地域の降雨強度の差が大きき傾向がある。以上のような降雨特性から判断して、一年に一度程度の大きなイベントでは、比較的年降水量の少ない地域でも降雨強度は強く、また、夜間に洪水流出ピークを迎える可能性が高い。このことは、土砂災害等が夜間に発生する可能性が高いことを示唆する。今後は、より広域のデータをもとに降雨が夜間に多いことの特性的について、瀬戸内特有の特性であるのかどうかを検討していく必要がある。

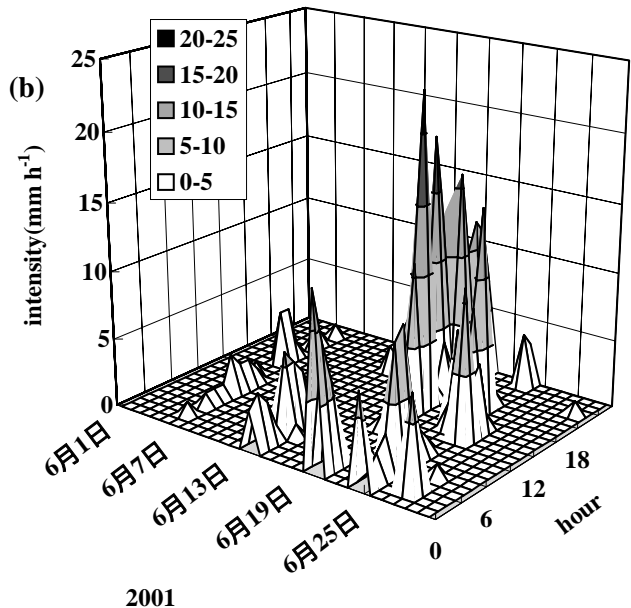
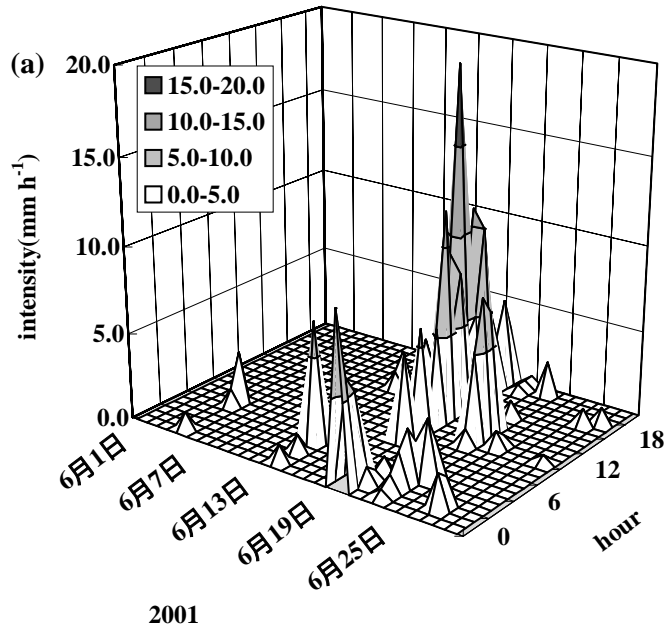


図8 2001年6月の降雨強度の分布。
(a)下蒲刈島、(b)宮島

まとめ

本論では、瀬戸内の降雨特性について広島県西部の宮島と広島県東部の下蒲刈島の2地域を比較しながら議論した。その結果、2地域とも梅雨期を中心に降水量が多く、物質移動を活性化させる30mm以上のまとまった降雨イベントは年降水量の50%以上に達したことが明らかになった。降雨の時間帯としては、日没後と明け方に有意なピークが認められた。これらは、降雨の生成機構に依存したものである。前線の通過（北上、南下）や低気圧の移動にともない、2地域で同時帯に降雨強度が上昇する場合もある。2地域の差は、四国の山影効果を受けやすいことおよび低気圧の西から東への移動にともなって水蒸気量が低下していくことによる。このため、広島県東部で時間的な遅れや降水量の低下が認められた。今後は、より広域の特性を評価し、気象現象との相互作用も評価していくことが必要である。

謝 辞

本研究にあたり広島県防災情報システムおよび下蒲刈町役場には雨量データを提供していただいた。特に、下蒲刈町教育委員会の新谷さおりさんにはさまざまな便宜を図っていただいた。記して感謝の意を表します。

引用文献

- Burt, T.P., Heathwaite, A.L. and Trudgill, S.T. (1993) *Nitrate: Processes, Patterns and Management*, John Wiley & Sons, Chichester, 444pp.
- Dairaku, K., Kuraji, K., Suzuki, M., Tangtham, N., Jirasuktaveekul, W. and Punyatrang, K. (2000) The effect of rainfall duration and intensity on orographic rainfall enhancement in a mountainous area: a case study in the Mae Chaem watershed, Thailand, *Jour. Japan Soc. Hydrol. and Water Resour.*, 13, 57-68.
- Graf, W.L. (1988) *Fluvial Processes in Dryland Rivers*, Springer-Verlag, Berlin, 349pp.
- 平田健正・村岡浩爾 (1988) 森林域における物質循環特性の渓流水質に及ぼす影響．土木学会論文集、399, 131-140.
- 広島地方気象台 (2001) 広島県の気象、広島地方気象台．
- 海堀正博・石川芳治・牛山素行・久保田哲也・平松晋也・藤田正治・三次岩生・山下祐一 (1999) 1999年6月29日広島土砂災害に関する緊急調査報告(速報) 砂防学会誌、52(3), 34-43.
- 勝山正則・大手信人・浅野友子・小橋澄治 (1998) 森林流域からの流出水質に降雨イベントが影響を与えるメカニズム．京都大学農学部附属演習林報告、69, 26-37．
- 桑田志保・海堀正博 (2001) 降雨観測データの土石流発生予測への適用 - 広島県における最近の事例を使って -、広島大学総合科学部紀要、27, 63-75.
- Likens, G. E. and Bormann, F. H. (1995) *Pattern and Process in a Forest Ecosystem*. Springer-Verlag, New York.
- 宮田賢二 (1982) 「広島県の海陸風」、溪水社、395pp.
- Moldan, B. and Cerny, J. (1994) *Biogeochemistry in Small Catchments*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Nishimune, N., Onodera, S., Naruoka, T. and Birmano, M.D. (2002) Comparative study of bedload sediment yield process in small mountainous catchments covered by secondary and disturbed forest, western Japan,

- HydroBiologia, (submitted)
- 岡本一士 (1998) 気候、41-70、「蒲刈町の自然」蒲刈町誌編集委員会・蒲刈町教育委員会編、蒲刈町、352pp.
- Oki, T and Mushiake, K. (1994) Seasonal change of the diurnal cycle of precipitation over Japan and Malaysia, *Jour. Applied Meteorology*, 33, 1445-1463.
- 小野寺真一・藤崎知恵子・成岡朋弘・M.D.Birman (2002) 瀬戸内土壌劣化流域における降水から湧水への金属成分の変化. 陸水学雑誌、63, 21-30.
- 小野寺真一・長濱則夫・藤崎知恵子 (2001) 瀬戸内花崗岩山地流域における降雨流出過程 - 電気探査及びトレーサー法による検討. 日本水文学会誌、31, 73-82.
- 小野寺真一・成岡朋弘・西宗直之 (2002) 東広島市山地河川における洪水流量の予測に関する研究、平成 13 年度東広島市地域課題研究事業補助金報告書、9pp.
- 田淵俊雄・黒田久雄 (1991) 台地と谷津田の農業集水域の窒素流出構造 - 面源主体の農業集水域からの流出負荷に関する研究 () 農業土木学会論文集、154, 65-72.
- 武井有恒・小橋澄治・中山政一・今村遼平・池谷 浩・平野昌繁・古谷尊彦・奥西一夫 (1982) 地すべり・崩壊・土石流、鹿島出版会、334pp.
- 竹内 誠 (1995) 流域における水質保全機能の評価、農林交流センターシンポジウム「農耕地における浅層地下水等の汚染状況と今後の対策」、87-114.
- 田瀬則雄 (2000) 土壌層のもつ土地利用メモリー地中水との相互作用の解明、科学研究費補助金研究成果報告書、77pp.
- 吉田栄夫 (1975) 厳島 (宮島) の気候環境に関する若干の特性、「厳島の自然」天然記念物弥山原始林・特別名勝厳島緊急調査委員会編、広島、63-82.