

香川大学 平成16年台風災害調査団報告書



香川大学平成16年台風災害調査団

ご 挨 拶

平成16年、香川県は10号、15号、16号、18号、21号、23号とたて続けに台風に襲われ、豪雨と高潮による大きな被害を受けました。

香川県は自然災害の少ない県だと、われわれは安心していたところがあります。たしかに台風によるこのような大災害は、昭和51年に小豆島を襲った台風17号以来、28年ぶりのことでした。そのために防災意識が薄れ、皮肉なことです、「災害に弱い香川県」になってしまったのかも知れません。

昭和51年の災害のあと、当時の香川大学は「香川大学小豆島災害調査研究班」を組織して、総合的な調査研究を実施しましたが、今回も台風21号襲来の直後、「香川大学平成16年台風災害調査団」を結成しました。この調査団は、旧香川大学と旧香川医科大学の統合によって生まれた総合大学としての香川大学の特徴を生かし、全学部にわたる14の調査班で構成しました。自然現象の側面から、社会的、経済的、医学的側面などもふくめた、学際的・総合的な調査研究を進め、被害の実態を調べるとともに大被害となった原因を解明し、防災・減災に役立てようというのがその目的です。

すでに二度にわたる報告会でその活動をご報告してきましたが、今回これまでの調査研究を総括する報告書を取りまとめました。ぜひご一読いただき、どうすれば被害を回避ないし低減できたのか、おこってしまった災害から学べるものは何か、お考えいただく材料としてご活用下さい。香川大学の調査研究活動もこれで終わったわけではなく、巻頭の「香川の地域防災力の向上に向けた提言」をひとつの里程標として、「災害に強い香川県」をめざし、幅広い活動を続けてまいります。

この報告書が、将来の地域防災の一助となれば“望外の幸い”……というのは社交辞令で、必ずお役にたつと信じています。

香川大学平成16年台風災害調査団長

香川大学長 木村 好次

目 次

香川大学平成16年台風災害調査団について	1
香川大学からの「香川の地域防災力の向上に向けた提言」	2
香川県における平成16年台風災害の概要	6
1. 2004年（平成16年）に四国を襲った台風災害の気象条件	15
2. 高潮災害の被災要因と対策	34
3. 浸水状況と建築物の被害	81
4. 公共建築物の高潮被害と対策	91
5. 河川の氾濫・浸水要因と対策	98
6. 平成16年台風15、21、23号による香川県内の土砂災害の被災要因と対策	108
7. 平成16年の台風による緑化樹および森林の被害について	122
8. 平成16年台風第16号によるライフラインの被害と対策	130
9. 台風災害の道路交通網への影響分析のための交通シミュレーション	143
10. 平成16年台風による香川県内のため池の被災と検討課題	150
11. 農業における被害状況	163
12. 地域経済への影響と対策	178
13. 高潮被害と公衆衛生－健康危機管理の視点から－	185
14. 災害時の行政の対応と法整備	204
総括	218
資料集	219
編集後記	228

香川大学平成16年台風災害調査団について

香川県では、平成16年8月から10月にかけて、度重なる台風による豪雨と高潮災害によって、昭和51年小豆島災害以来28年振りに大きな被害を受けました。昭和51年9月の台風17号による災害に対応して、香川大学では香川大学小豆島災害調査研究班を組織し、総合的な調査研究を行い、香川県の防災対策の向上に貢献いたしました。しかしながら、約30年近くも大きな災害がなかったため、小豆島災害の記憶は薄れ、香川県は災害の少ないところという安心感が定着しました。香川県に災害の少なかったことが、逆に災害に弱い香川県を作ることになったと思われます。

香川大学では、台風被害の実態を記録し、被害のメカニズムを学際的に解明し、地域防災という観点から地域に貢献するため、平成16年10月7日に台風災害調査団を結成しました。本調査団は14からなる調査班で構成され、自然現象の側面のみならず、社会的、経済的側面なども含めた総合的・学際的な調査研究を、全学をあげて取り組んでまいりました。

構 成 員

団 長	木村好次（学長）
副 団 長	芳澤宅實（理事（学術担当））、石川 浩（工学部長）
気 象 班	森 征洋（教育学部・教授）
高 潮 班	神崎 正（工学部・教授）、長谷川修一（工学部・教授）、末永慶寛（工学部・助教授）、野々村敦子（工学部・助手）
土砂災害班	長谷川修一（工学部・教授）、吉田秀典（工学部・教授）、山中 稔（工学部・助手）、野々村敦子（工学部・助手）
構 造 物 班	松島 学（工学部・教授）、吉田秀典（工学部・教授）
建 築 班	岡野 眞（工学部・教授）
ライフライン班	野田 茂（工学部・教授）
交 通 班	土井健司（工学部・教授）、和田隆広（工学部・助教授）、土居俊一（工学部・教授）
緑 地 班	増田拓朗（工学部・教授）、守屋 均（工学部・講師）
た め 池 班	森下一男（工学部・助教授）、新見 治（教育学部・教授）、角道弘文（工学部・助教授）、山中 稔（工学部・助手）
地域経済班	宍戸榮徳（地域マネジメント研究科・教授）、伊坂善明（地域マネジメント研究科・教授）、曾 道智（地域マネジメント研究科・助教授）、高塚 創（地域マネジメント研究科・助教授）、三好勝則（地域マネジメント研究科・教授）
農 業 班	鈴木晴雄（農学部・教授）、楠谷彰人（農学部・教授）、松村伸二（農学部・助手）、山内高圓（農学部・教授）、豊田正範（農学部・助手）、片岡郁雄（農学部・教授）、深井誠一（農学部・教授）、奥田延幸（農学部・助教授）
公衆衛生班	實成文彦（医学部・教授）、万波俊文（医学部・助教授）、須那 滋（医学部・助手）、鈴江 毅（医学部・助手）、平尾智広（医学部・助教授）、鎌野 寛（保健管理センター・教授）、久郷敏明（保健管理センター・助教授）、溝口 剛（保健管理センター・講師） 他
行 政 班	村上 博（法学部・教授）、山田健吾（法学部・助教授）、鹿子嶋仁（法科大学院・助教授）
河 川 班	河原能久（非常勤講師）、末永慶寛（工学部・助教授）、角道弘文（工学部・助教授）、野々村敦子（工学部・助手）
事 務 局	野田 茂（事務局長）（工学部・教授）、白木 渡（幹事長）（工学部・教授）、長谷川修一（幹事）（工学部・教授）、末永慶寛（幹事）（工学部・助教授）

香川大学からの「香川の地域防災力の向上に向けた提言」

香川大学長 木村 好次

香川大学は、香川県に甚大な被害を与えた平成16年台風災害に対して、全学的な調査団を組織して、その実態の把握と減災対策について調査・研究をしてまいりました。一つ一つの台風は特別なものではなく、来年も再び台風災害が発生する可能性もあります。また、21世紀前半には、南海地震トラフの巨大地震が発生し、香川はもとより太平洋ベルト地帯の主要都市が大地震と津波に襲われると予想されています。災害からの国土の保全は、国民の生命と財産だけでなく、文化・伝統、貴重な自然環境の保全でもあります。香川大学は、地域防災力の向上を重要な使命として、「香川の地域防災力の向上に向けた提言」と、その実現のため「香川大学の取り組み」を発表します。

「香川の地域防災力の向上に向けた提言」

提言1：災害の記録をまとめ、後世へ伝えることによって、災害の教訓を風化させない取り組みを行う。

【香川大学の取り組み】

- (1) 香川大学台風災害調査団の調査報告書を作成し、関係各所へ配布する。
- (2) 平成16年台風災害記録の収集、分析を継続する。
- (3) 過去の災害資料のアーカイブ（資料室）を整備する。
- (4) 災害と密接な関係にある土地の履歴、地名を調査する。

【提言のねらい】

大きな自然災害は、数十年確率の自然現象によって発生することが多く、このため「天災は忘れたころにやってくる」といわれる。しかし、地球規模での温暖化が懸念される21世紀には、より頻繁に豪雨災害が発生する可能性も指摘されている。このため、平成16年と同等規模もしくはそれ以上の災害が発生する可能性もある。このことから、過去の災害事例を収集、分析するとともに、災害の記憶を風化させないために、被災地における災害記録の保存も重要である。また、地名は災害が発生しやすい地形などを表している場合が多いので、地名の保存・継承も重要である。

提言2：今回の台風災害で明らかになった災害脆弱部及び台風によって新たに発生した災害脆弱部を早急に調査し、対策を講じる。

【香川大学の取り組み】

- (1) 香川大学では、台風災害に関する調査、研究を重要な地域貢献と受け止め、今後も成果を迅速に公表し、さまざまな機会をとらえて提言を行う。
- (2) 地域防災研究の拠点となる香川大学地域防災研究会を組織して、地域防災の調査、研究を推進する。

【提言のねらい】

度重なる台風によって地域の持つ災害に対する弱点が明らかになってきた。また、豪雨によって山地斜面に形成された亀裂などは、今後の豪雨によって新たな崩壊に進展する危険性がある。また、大量の土砂の流出によって河床が上昇したため、氾濫の危険性が高まっている。さらに、河川堤防、た

め池の堰堤、海岸施設なども被災している。したがって、今回の台風災害で明らかになった災害脆弱部及び台風によって新たに発生した災害脆弱部を早急に調査し、防災・減災に反映させる必要がある。

提言 3：ハード対策とソフト対策をバランスよく組み合わせた防災・減災の効果の大きい対策について研究し、地域防災に役立つ情報提供を行う。

【香川大学の取り組み】

- (1) 災害調査によって得られた結果をもとに、災害の拡大要因を分析し、拡大を防止する対策を提案する。

【提言のねらい】

台風16号による高潮では、防潮堤の切れ目や鉄道のアンダーパス（地下道）などが浸水通路となつて、被害を拡大した。高松市内では地下室への浸水によって、機能が停止したビルが少なからずあった。また、台風23号では、中・上流部の川幅の狭いところでは、橋に流木などが捕捉され、橋の両側から氾濫したところが多数あった。このような被害の対策としては、施設による防御が効果の大きいところから、ハード対策を優先して推進する必要がある。しかし、ハード対策は費用も時間もかかり、整備が間に合わないうちに次の災害が発生する可能性がある。したがって、ハード対策とソフト対策を効果的に、バランスよく組み合わせることが、防災・減災の推進という観点から重要である。

提言 4：適切な避難のために、避難勧告の発令基準、災害情報の伝達方法、ハザードマップや防災マップの整備・活用方法、シミュレーション技術を活用した避難情報の提供などの研究を行う。

【香川大学の取り組み】

- (1) 適切な避難のために、避難勧告の発令基準、災害情報の伝達方法に関する研究を推進する。
- (2) ハザードマップ作成に必要な地盤情報を提供するなど、ハザードマップ、防災マップ作りに関する研究を推進する。
- (3) テロや大地震のように予想困難な大災害に対しては、施設・設備の被害軽減を図るのではなく、災害発生時にIT技術を効果的に活用し、ライブ（リアルタイム）で情報収集を行い、その情報をもとに最適な避難経路の確保及び避難経路への誘導を行って被害軽減を図るというソフト防災（ライブデザイン）の考え方が有効である。このライブデザインによる避難シミュレーション技術を開発し、防災教育や避難訓練などへ活用する。

【提言のねらい】

平成16年台風災害では、避難勧告の遅れや避難施設の被災など、防災上の問題点が明らかになった。このため、避難勧告などの発令時期と伝達方法の見直し、適切な避難施設と避難ルートの確保が緊急課題となっている。まず、適切な避難施設と避難ルートの選定に不可欠であるハザードマップや防災マップの整備が必要である。しかし、災害状況は時々刻々と変化するので、避難勧告地域、通行止め区間や避難ルートなどの設定に活用するためには、浸水範囲をシミュレーションによって予測する技術開発が必要となる。

提言 5：流域・地域を総合した防災・減災対策に関する研究を推進する。

【香川大学の取り組み】

- (1) 適切な森林管理、ため池管理方法の研究を推進する。

(2) 高度な氾濫シミュレーション技術を開発する。

【提言のねらい】

上流の山地における森林管理と土砂災害・洪水、中・下流の平野部の河川の氾濫・浸水、内水被害（排水不足による浸水）や沿岸部の高潮浸水は、互いに関連している。たとえば、人工林は管理が適切であれば降雨の流出、土砂災害の低減効果がある。また、ため池は豪雨の前に水位を低下させると、下流にとっては小さなダム群になるが、適切な管理ができなければ、下流の災害の原因になる。したがって、都市の浸水被害を軽減するためには、下水道の整備などの都市だけの対策では効果が薄い。上流域と下流域とが有機的に連携した防災対策を推進することが求められる。

提言6：森林、農地、ため池の氾濫軽減機能や環境価値を評価し、災害復旧の法制度を研究する。

【香川大学の取り組み】

- (1) 森林、農地、ため池の氾濫軽減機能や環境価値を学術的に評価する。
- (2) 個人資産の災害復旧の公費負担について法律、財政などに関して多面的に研究する。

【提言のねらい】

樹木の生育良好な天然林、適切に管理された人工林では、土壌浸食・土石流の拡大が防止されている。また、ため池が土石流の流入によって埋め立てられ、結果として土石流を停止させている例もある。さらに、上流、中流域における農地への氾濫は、結果として下流域の浸水の低減に貢献している。しかしながら、個人資産とされる森林、農地、ため池の復旧には、公費負担が難しい。下流域の氾濫、浸水軽減効果、地域の環境保全、中山間地の農業の崩壊による食糧の自給率の低下を考慮すれば、公費による災害復旧を検討する時期に来ている。

提言7：国土利用計画、都市計画に防災の視点を加え、災害危険区域の適正な土地利用による災害軽減策を研究する。

【香川大学の取り組み】

- (1) 地域の災害危険箇所の抽出、評価方法について研究する。
- (2) 防災の視点を加えた地域計画、都市計画に関する研究を推進する。
- (3) 健康、防災、環境、産業の調和のとれた地域づくりの研究を推進する。

【提言のねらい】

土砂災害防止法の施行によって、土砂災害危険区域の指定と開発規制が行われることになったが、他の災害については、開発規制は行われていない。このため、現在も災害危険箇所に住宅などが建設され続けている。台風23号による河川の洗掘によって倒壊した家屋には、比較的新しい住宅が多い。これは、これまで人が住まなかった川べりに住宅が新築されたことによる。災害危険箇所への住宅の新築を規制し、災害を軽減する地域計画、都市計画を検討する必要がある。さらには、健康、防災、環境、産業の調和のとれた地域づくりを目指す。

提言8：災害情報を共有するとともに、人と情報の連携・ネットワークの構築を行う。

【香川大学の取り組み】

- (1) 四国の国立大学法人、行政機関、企業、NPO団体、自治会などとの連携をはかり、地域防災力の向上をめざす。

(2) ホームページ等で地域に役立つ防災情報を提供する。

【提言のねらい】

災害情報は、共有してはじめて、地域の防災・減災力の向上につながる。そのため、ハザードマップなどの作成だけでなく、現場で災害情報がわかるようにする必要がある。高潮浸水の危険性のある地域では、街角に地盤高や過去の浸水記録を表示する等の対策が行政機関で既に検討されている。また、災害情報を共有するためには、人と情報の連携・ネットワークの構築が重要である。香川大学は、四国の国立大学法人や地域の行政機関等と連携して、地域に役立つ防災情報の共有化、ネットワーク化を推進する。

提言9：地域の防災力を高めるため、住民参加による防災マップ作りなどを支援すると共に、出前講座・公開講座等を通じて、防災教育を推進する。

【香川大学の取り組み】

- (1) 住民参加型の防災マップ作りなどを支援する。
- (2) 学生災害ボランティア活動を推進、支援する。
- (3) 出前講座・公開講座等による防災に関する啓発活動を推進する。

【提言のねらい】

地域において防災活動のリーダーがいるか、いないかで地域の防災力は大きく異なる。また、災害に関する知識、自分の住んでいる土地の災害危険度を知っているのと、知らないのでは災害時の対応が大きく異なる。災害経験のない人は、防災に対する関心度が低いが、災害ボランティア活動を行うと防災意識が高まる。地域の防災力の向上は、人づくりから始まる。

提言10：災害時に、自治体、関連団体と協力・連携し、被害の拡大防止に務める。

【香川大学の取り組み】

- (1) 大学は、自治体、関連団体などとの協力・連携のもとに、災害時における緊急医療活動の機能強化をめざす。
- (2) 災害発生時に救急隊員等が現場でトリアージ（要治療者の識別）が行えるよう訓練を行う。

【提言のねらい】

災害が発生した場合の緊急医療活動の機能強化をめざすには、地域連携と現場におけるトリアージと重傷者の運搬体制の確保が重要である。

香川県における平成16年台風災害の概要

幹事長：白木 渡（工学部信頼性情報システム工学科）
 事務局長：野田 茂（工学部安全システム建設工学科）
 幹事：長谷川修一（工学部安全システム建設工学科）
 幹事：末永 慶寛（工学部安全システム建設工学科）

1. はじめに

香川県では、8月17日の台風15号による集中豪雨によって、県西部の大野原町、豊浜町を中心に土石流災害、浸水被害が発生し、5名の死者が出た。その傷も癒えないうちに、8月30～31日の台風16号による強風と高潮浸水によって高松市街地を中心に沿岸部で2万棟を超える浸水被害が発生し、3名の死者が出た。更に9月29日には、台風21号による豪雨が再び県西部の被災地を襲い、多数の土石流および浸水被害が発生した。これらの台風災害による県内の公共土木施設および農林水産関係の被害は、約84億円に達している。しかし、10月20日の台風23号による香川県の被害は、これらの合計をも超える規模となり、死者・行方不明者11名、住宅の全半壊88棟、約1万8千棟の浸水被害が発生した。平成16年12月9日現在の香川県の集計によれば、台風23号による県内の公共土木施設および農林水産関係の被害は、465億円に達する。

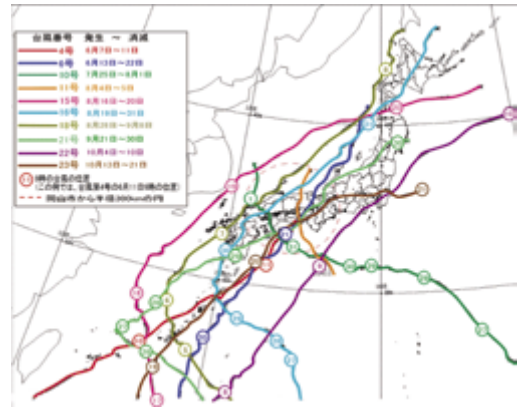


図1 平成16年に日本に上陸した台風
 (大阪管区気象台ホームページより)

図1に平成16年に日本に上陸した台風を、表1に香川県が集計した平成16年の台風被害の概要を示す。

表1 平成16年台風による香川県の被害概要

台 風		4	6	10	11	15	16	18	21	23
月 日			6/20～21	7/31～8/2	8/4～5	8/17～18	8/30～31	9/7～8	9/29～30	10/19～21
雨量状況	累計雨量 (mm)		103	277	166	317		100	253	674
	最大時間雨量 (mm)		2	31	85	86		24	66	116
	10分間平均		24.6						24.2	
風速 (m/s)	瞬間最大		42.1					21.7	43.5	
人的被害	死者 (名)		0	0	0	5	3	0	0	11
	重軽傷 (名)		3	1	0	0	6	8	0	28
住宅被害	全壊 (棟)		0	0	0	1	1	1	1	48
	半壊 (棟)		0	0	0	3	10	1	2	40
	一部損壊 (棟)		3	1	0	3	235	16	40	348
	床上浸水 (棟)		0	0	0	17	5,872	46	46	4,431
	床下浸水 (棟)		1	47	4	436	16,068	624	240	13,336
道路	通行規制 (箇所)		5		11	0		2	0	32
公共土木施設被害	県管理施設 (件)					79	36		82	1,097
	県管理施設被害額 (百万円)					293	1,158		1,151	10,958
	市町管理施設 (件)					95	35		74	1,265
	市町管理施設被害額 (百万円)					518	716		1,071.25	8,905
農林水産被害	四国新聞公表被害額 (百万円)	11	60		83	954	2,083	14	2,313	19,284
	農林水産物被害額 (百万円)		60,816	44		28	786	10	301,859	616
	農林水産施設被害額 (百万円)		54,682	13		362	1,322		710,979	26,034
	四国新聞公表被害額 (百万円)	18	128	212	234	2,113	2,354	161	4,431	22,993
その他	環境森林部関係 (箇所)								0	767
	教育委員会関係 県 (施設)								17	12
	市町 (施設)								8	25
	文化財 (施設)								3	12
	水道局関係								0	0
	自然公園 (箇所)								0	35
	災害廃棄物 (トン)								0	24,000
	災害救助法適用市町村						高松市、丸亀市、さぬき市、東かがわ市、坂出市、観音寺市、内海、土庄、牟礼、詫間、庵治、直島、多度津			高松市、坂出市、さぬき市、東かがわ市、三木、綾上、綾南、国分寺、飯山

(香川県ホームページより)

2. 台風15号による被害

2.1 気象概況

8月16日15時にフィリピンの東方海上で発生した台風15号は、17日には久米島の西海上を東シナ海に進み、19日には九州の西海上を通過、日本海を北東に進んだ（図2）。四国では、8月17日から18日にかけて、香川県西部、愛媛県東部、高知県北部を中心に集中豪雨にみまわれた。香川県大野原町五郷における香川県の雨量観測所では、台風15号による積算雨量が297mm、単位時間での最大雨量強度は54mmを記録した。高松地方気象台は、17日の14時15分に香川県西讃地域に大雨洪水警報を発令し、香川県では同日同時刻に県水防対策本部が設置された。また、同日15時過ぎには、大野原町において避難の呼びかけが行われ、同日17時30分には豊浜町において避難勧告が発令されている。

2.2 被害概要

香川県では、土石流の発生などによって、死者5名を含む一般被害・農業被害・ライフライン被害などが発生した。豊浜町和田地区・大野原町五郷地区等に10箇所程度の土石流も発生し、大野原町五郷では、土石流によって、2名の犠牲者が出た。香川県危機管理課が集計した台風15号による11月5日現在の香川県内の被害は次の通りである。

（1）一般被害

- ①人的被害 死者：男性2名（豊浜町・琴平町）女性3名（観音寺市・大野原町）
- ②住宅被害 全壊：1棟（大野原町）
半壊：3棟（大野原町）
一部損壊：3棟（坂出市・大野原町）
- ③浸水被害 床上浸水：17棟（観音寺市6・多度津町2・山本町2・大野原町2・豊中町4・詫間町1）
床下浸水：436棟（観音寺市183・多度津町65・高瀬町7・山本町41・三野町9・大野原町68・豊中町41・詫間町12・豊浜町5・財田町5）

（2）公共土木被害

- ①県管理施設 79件（道路被害・河川被害）293百万円
- ②市町管理施設 95件（道路被害・河川被害・橋梁被害・公園被害）518百万円

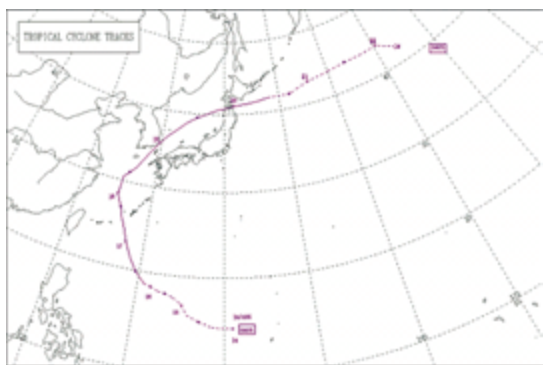


図2 台風15号進路図

(http://www.data.kishou.go.jp/yohou/typhoon/route_map/index/htmlより引用)

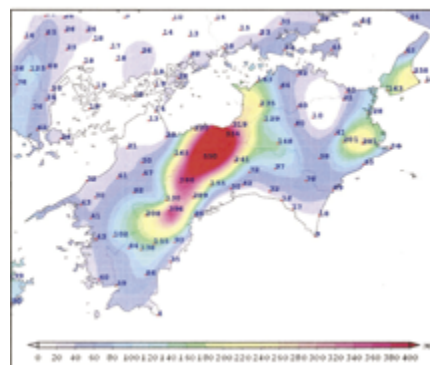


図3 台風15号時の降水分布

(http://www.data.kishou.go.jp/yohou/typhoon/route_map/index/htmlより引用)

(3) 農業被害

- ①ため池被害 大正池（高瀬町）ほか8池
- ②農林水産物・施設等の被害
- ③林道のり面崩壊 林道五郷財田線ほか4線

(4) ライフライン被害

水道被害 大野原町五郷地区、井開地区

3. 台風16号による被害

3.1 気象概況

台風16号は8月16日21時に発生し、30日の午前9時半頃、鹿児島県串木野市付近に上陸した。九州上陸後、約20m/時のゆっくりした速度で北北東に進み、周防灘を抜け、午後5時過ぎ山口県防府市付近に再上陸した。その後、北東に向きを変え、午後10時過ぎには日本海側に抜けている。

台風16号では1年を通じて最も潮位が高い時期であったことや、台風の襲来が大潮期の満潮と重なったことから、瀬戸内海中部～東部沿岸域で既往最高潮位の記録を更新した。高松港における最大潮位偏差は30日22時23分に133cm、最高潮位は22時42分に246cmに達した。高松港の最大潮位は過去最高を、56cm更新した。

3.2 被害概要

高松地方気象台では、15時50分に全県的に高潮警報（予想潮位T.P+2.20m）を発令し、警戒を呼びかけていた。しかし、台風16号の接近によって、土庄町では21時20分から、高松市でも21時30分ころからと、高松港での通常の満潮予定時刻23時59分のはるか以前に浸水が始まり、その他の市町についても概ね22時頃までには浸水が始まった。このため、高松市では浸水後に災害対策本部を設置して、避難勧告するなど、また避難勧告地域の齟齬など、対応の遅れと不手際が生じた。浸水は1時30分頃概ね終了したが、福岡町の一部では1日未明まで浸水が続いた。

香川県危機管理課が発表した11月5日現在の台風16号による香川県の被害は次の通りである。

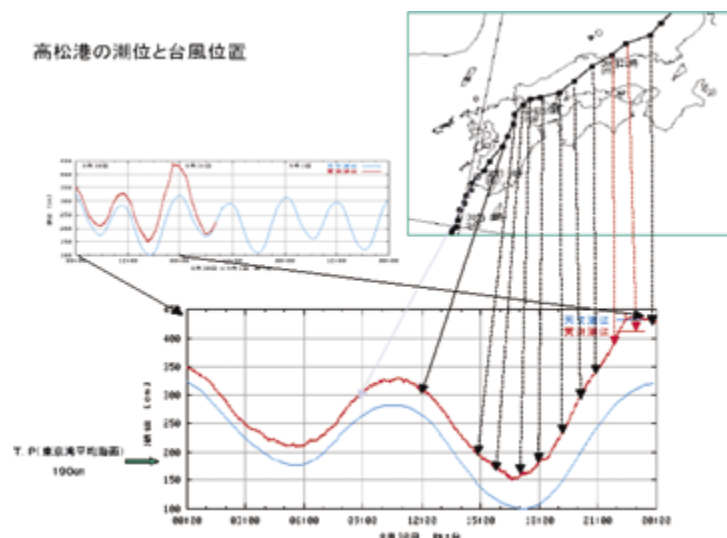


図4 高松港の潮位と台風の経路（高松地方気象台気象速報より）

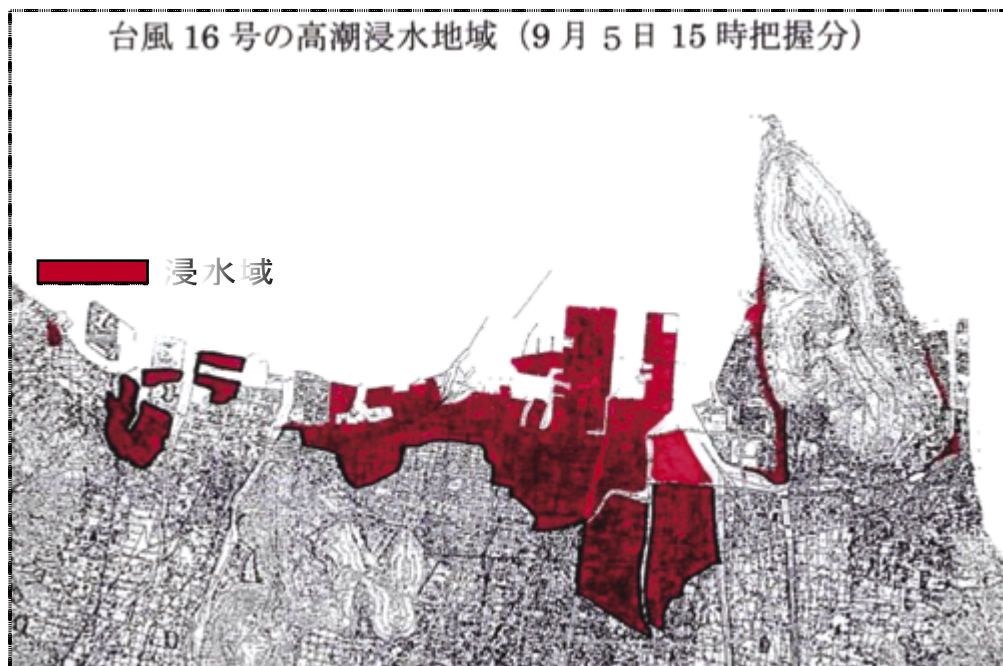


図5 台風16号による高松市の浸水域（高松市ホームページより）

（1）一般被害（人家・住家・非住家）

①人的被害

死亡 3 名（高松市 2、豊浜町 1）、軽傷 6（丸亀市 1、観音寺市 3、山本町 1、大野原町 1）

②住家被害

全壊 1 棟（坂出市 1）、半壊 10 棟（坂出市 5、観音寺市 1、土庄町 2、直島町 2）

一部損壊 235 棟（観音寺市 7、内海町 174、土庄町 24、池田町 5、香南町 2、直島町 1、
国分寺町 1、大野原町 21）

③浸水被害

床上浸水 5872 棟（高松市 3538、丸亀市 208、坂出市 135、観音寺市 90、さぬき市 288、
東かがわ市 195、内海町 180、土庄町 523、池田町 49、牟礼町 87、庵治町 109、
直島町 270、宇多津町 12、多度津町 93、詫間町 87、仁尾町 6、豊浜町 2）

床下浸水 16088 棟（高松市 12023、丸亀市 749、坂出市 254、観音寺市 250、さぬき市 558、
東かがわ市 280、内海町 349、土庄町 523、池田町 164、牟礼町 141、
庵治町 192、直島町 143、宇多津町 34、多度津町 237、三野町 6、
詫間町 136、仁尾町 30、豊浜町 19）

④非住家被害

非住家 全壊 8 棟（内海町 1、三木町 1、大野原町 6）

半壊 8 棟（坂出市 2、内海町 3、直島町 1、大野原町 2）

公共施設一部損壊 9 棟（一部損壊 大野原町 3、床上浸水 土庄町 6）

医療施設一部損壊 1 棟（床上浸水 庵治町 1、大島青松園）

文化財等一部損壊 1 棟（一部損壊 琴平町 1、旧金毘羅大芝居）

（2）公共土木被害

①県管理施設 36 件（道路被害、河川被害、海岸被害、港湾被害、公園被害）

②市町管理施設 35 件（道路被害、河川被害、港湾被害、下水被害）

(3) 農林水産被害

- ①農林水産物被害 786百万円（農産物被害8568ha）
- ②農林水産施設被害 1322百万円

4. 台風18号による被害

4.1 気象概況

台風18号は8月28日9時にマリアナ海上で発生し、9月7日の午前9時半頃、長崎市付近に上陸し、九州北部を横断した。その後、7日午後には山陰沖に達し、日本海を加速しながら北東に進んだ。この台風の通過により、多くの地点で強風の記録を更新し、九州地方の一部では900mmを越える大雨を観測した。また、瀬戸内海沿岸で高潮が発生した。

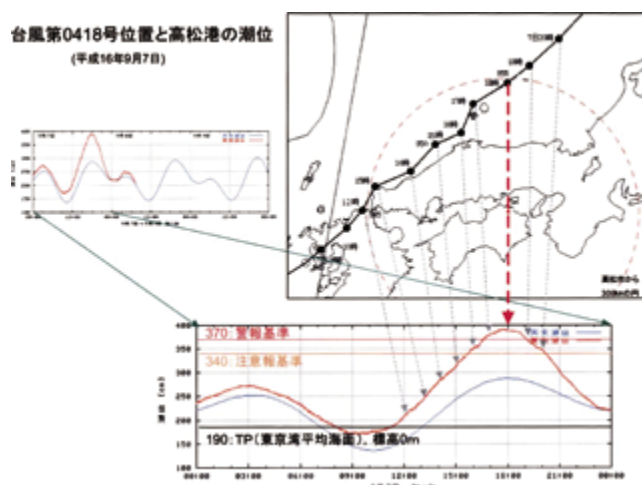


図6 台風18号の経路と高松港の潮位
(高松地方気象台ホームページより)

4.2 被害概要

台風18号の接近によって、高松地方気象台は、7日11時30分に高潮警報を発令した。高松港では、17時45分に最高潮位201cmを、17時35分に潮位最大偏差103cmと台風16号より前の観測記録を再び更新し（図6）、高松市内などで浸水被害が再び発生した（図7）。香川県災害対策本部がまとめた9月13日現在の、台風18号による被害は、以下のとおりである。

(1) 一般被害（人的、住家、非住家）

- ①人的被害（重傷3名（丸亀市1、観音寺市1、多度津町1）

軽傷5名（高松市1、善通寺市1、観音寺市2、琴南町1）

- ②建物被害

- 1) 住家 全壊 1棟（観音寺市）

- 半壊 1棟（豊浜町）

- 一部損壊 18棟（内海町12、土庄町2、宇多津町2、大野原町1、豊浜町1）

- 床上浸水 48棟（東かがわ市16、内海町15、土庄町11、庵治町4、直島町2）

- 床下浸水624棟（高松市293、丸亀市16、坂出市4、観音寺市2、さぬき市25、



図7 台風18号による高松市の浸水域（高松市ホームページより）

東かがわ市12、内海町86、土庄町59、池田町24、牟礼町15、庵治町44、直島町40、
多度津町4)

2) 非住家 全壊 2棟(大野原町2) 半壊 1棟(内海町)

5. 台風21号における被害

5.1 気象概況

9月21日にグアム島の西南西海上で発生した台風21号は、9月29日に四国に上陸し、四国の中央部を中心に集中豪雨を発生させた(図8、9)。香川県西部の大野原町五郷における9月29日からの積算雨量は249mmで、単位時間での最大雨量強度は65mmであった。高松地方気象台は、19日17時51分に香川県全域に大雨洪水警報を発令し、香川県は29日午後12時40分に県水防対策本部が設置した。



図8 台風21号進路図

(http://www.data.kishou.go.jp/yohou/typhoon/route_map/index/htmlより引用)

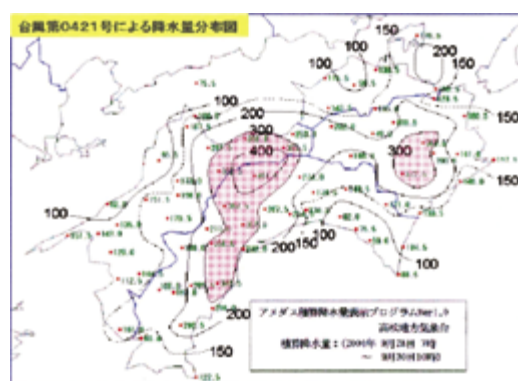


図9 台風21号による雨量

(http://www.data.kishou.go.jp/yohou/typhoon/route_map/index/htmlより引用)

5.2 被害概要

台風21号の通過によって、豊浜町及び大野原町においては台風15号をはるかに上回る規模と土石流が発生し、JR予讃線が土石流によって不通になり、農地、果樹園、ため池などに多大な被害を与えた。また、土石流の後続流によって住宅の浸水被害が多く発生した。香川県危機管理課が集計した台風21号による香川県内の被害は以下の通りである。

(1) 一般被害

①住宅被害

- ・全壊 大野原町1棟
- ・半壊 大野原町2棟
- ・一部損壊 高松市1棟、観音寺市1棟、香川町2棟、大野原町36棟
- ・床上浸水 山本町1棟、大野原町2棟、豊浜町43棟
- ・床下浸水 高松市26棟、観音寺市3棟、山本町8棟、大野原町49棟、豊浜町154棟

②非住宅被害

- ・青年センター体育館(国分寺町): 軒下ボード一部損壊
- ・納屋全壊4棟(香南町1、山本町1、大野原町2)
- ・養鶏場全壊1棟(山本町)

(2) 公共土木被害

①県管理施設 82件（道路被害・河川被害）1,151,000千円

②市町管理被害 74件（道路被害・河川被害）1,071,250千円

(3) 農林水産被害

①農林水産物被害 301,859千円（農産物被害1800ha 家畜被害580頭）

②農林水産施設被害 710,989千円

(4) 教育委員会関係被害

①県教育委員会関連 17施設で軽微な被害

②市町教育委員会関連 床下浸水（大野原町五郷小学校）ほか3市4町で軽微な被害

③文化財関連 高松城北之丸渡櫓、小比賀家住宅（高松市）、丸亀城天守の壁に被害

6. 台風23号による被害

6.1 気象

10月13日にマリアナ諸島近海で発生した台風23号は、20日13時に大型で強い勢力のまま、高知県土佐清水市に上陸し、四国の南端を通過し、18時には大阪府泉佐野市付近に再上陸した（図10）。香川県は20日午前6時45分に県水防対策本部を設置し、高松地方気象台は9時49分に香川県全域に大雨洪水警報を発令した。台風23号には、香川県の東部を中心に記録的な豪雨となった（図11）。東かがわ市五明の香川県日下峠雨量観測所では、19日からの累計雨量が674mm、20日14～15時の最大時間雨量が116mmに達した。高松市内でも、高松地方気象台において累計雨量が285mm、最大時間雨量は42.5mmを記録した。



図10 台風23号進路図

(http://www.data.kishou.go.jp/yohou/typhoon/route_map/index/htmlより引用)

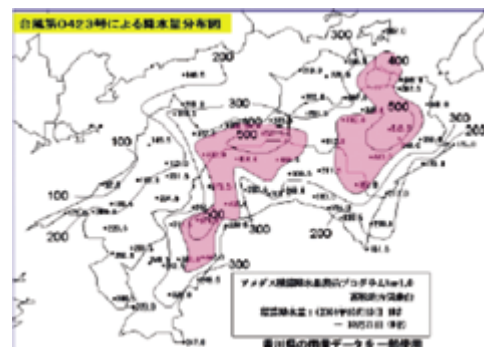


図11 台風23号による四国の積算雨量
(高松地方気象台気象速報より)

6.2 被害状況

台風23号によって、香川県では全域で斜面崩壊、土石流、河川の氾濫、内水被害が発生し、昭和51年17号台風 に匹敵する記録的な被害となった。さぬき市、東かがわ市では、崩壊や土石流による死者が発生し、高松市東部を流れる春日川の氾濫（図12）などで、11名の犠牲者が出た。河川の氾濫による浸水家屋は、台風16号による高潮浸水と同規模になった。香川県危機管理課が集計した台風23号による香川県の被害は以下の通りである。

(1) 一般被害

①人的被害

死者：11名（高松市1、善通寺市1、さぬき市5、東かがわ市1、香川町2、綾上町1）

軽傷：28名（坂出市3、さぬき市13、東かがわ市4、内海町2、綾上町5、高瀬町1）

②住宅被害

- ・全壊 48棟（高松市4、坂出市1、さぬき市20、東かがわ市12、三木町3、綾上町4、綾南町1、宇多津町1、満濃町1、三野町1）
- ・半壊 40棟（高松市5、坂出市1、さぬき市7、東かがわ市10、土庄町1、池田町1、塩江町1、香川町1、綾上町7、綾南町3、宇多津町1、仁尾町1、財田町1）
- ・一部損壊 348棟（坂出市101、東かがわ市73、内海町12、土庄町4、池田町6、塩江町21、三木町62、香川町10、直島町1、綾上町18、綾南町9、国分寺町5、宇多津町1、満濃町5、多度津町4、仲南町4、高瀬町8、山本町2、三野町1、仁尾町1）
- ・床上浸水 4431棟（高松市1500、丸亀市103、坂出市354、善通寺市43、観音寺市42、さぬき市945、東かがわ市489、内海町6、土庄町3、池田町2、三木町185、牟礼町21、庵治町1、塩江町2、香川町14、香南町5、綾上町59、綾南町65、国分寺町354、綾歌町14、飯山町147、宇多津町6、満濃町30、琴平町16、多度津町5、高瀬町5、山本町1、三野町2、豊中町7、詫間町4、財田町1）
- ・床下浸水 13336棟（高松市4100、丸亀市915、坂出市1672、善通寺市309、観音寺市139、さぬき市2102、東かがわ市1064、内海町46、土庄町41、池田町18、三木町475、牟礼町78、庵治町20、塩江町36、香川町123、香南町49、直島町48、綾上町158、綾南町91、国分寺町583、綾歌町111、飯山町239、

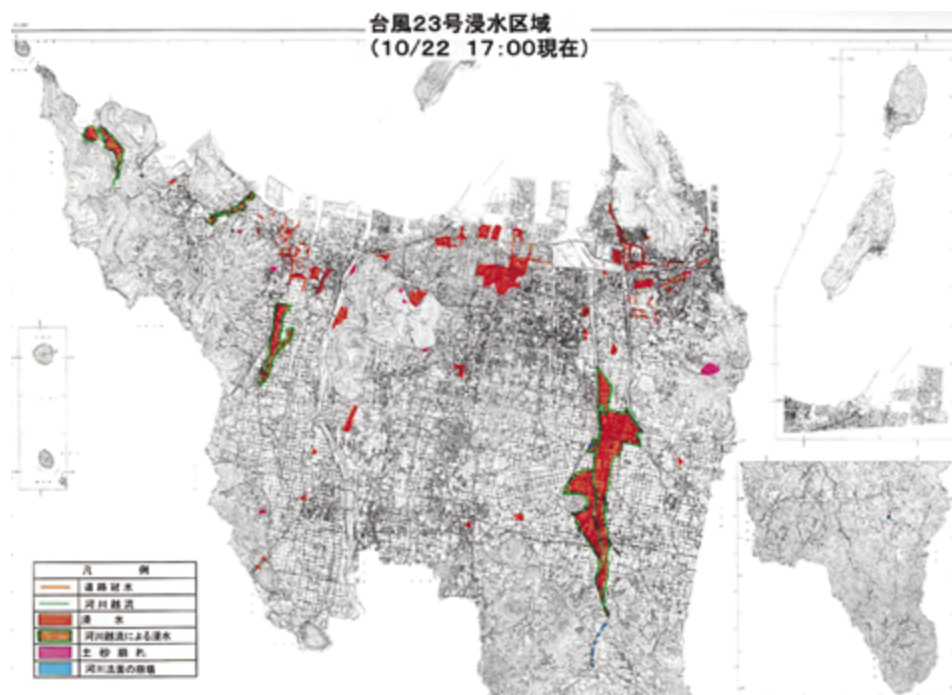


図12 台風23号による高松市の浸水域（高松市ホームページより）

宇多津町40、琴南町7、満濃町214、琴平町102、多度津町187、仲南町18、
高瀬町68、山本町28、三野町60、大野原町34、豊中町47、詫間町80、
仁尾町4、豊浜町8、財田町23)

(2) 公共土木施設被害等

①公共土木施設被害

- ・県管理施設 1,097件 約10,985百万円
- ・市町管理施設 1,265件 約8,965百万円

②公営住宅等被害

- ・直島団地（物置等の損傷）、志度団地（のり面崩壊）

(3) 農林水産関係被害

①農林水産物被害 約616百万円

②農林水産施設被害 約26,034百万円

謝辞：資料を提供いただいた国土交通省四国地方整備局、高松地方気象台、香川県、高松市、さぬき市、大野原町役場など関係各位に感謝申し上げます。

参考文献：

- 1) 香川県ホームページ
- 2) 高松市ホームページ
- 3) 高松地方気象台ホームページ

1. 2004年（平成16年）に四国を襲った台風災害の気象条件

気象班：森 征洋（教育学部自然科学科）

1. はじめに

2004年（平成16年）、香川県は台風第15号、16号、21号、23号によって大きな被害を受けた。とくに台風第23号では大雨により香川県東部で土砂災害や河川の氾濫で死者が11人に達するなど、近年にない大きな災害が発生した。四国における台風による降雨量分布については多くの調査が行われており、台風の移動経路によって異なった特徴を持つことが明らかにされている^{1) 2)}。台風の渦に伴う降雨帯による降雨は山地の風上側で大きくなるため、四国の太平洋側では台風の移動に伴う風向の変化に追従して大雨域が背稜山脈に沿って移動することが知られている^{3) 4)}。台風の移動経路によっては同様なことが瀬戸内海側でも生ずる⁵⁾。香川県に大雨をもたらすコースをとる台風は比較的少ないので、香川県は台風災害の少ないところと思われる。しかしながら、過去を遡ってみると台風の移動経路や降雨帯の位置によって風害や水害など災害は時々発生している。

香川県に大きな災害をもたらした2004年の4つの台風について、どのような気象条件のもとで災害が発生したか調査することは、今後の台風災害に備える上で重要である。高松地方気象台では、大きな気象災害が発生した場合、災害発生のすぐ後に気象速報を発行し、また、年間の気象災害のまとめを行っている。今回の災害調査に関してこれらの資料を利用させていただくことができたので、これらによって台風中心の移動経路、四国の降水量分布、災害の概要などについて以下に述べる。

2. 香川県における台風災害

香川県において1892年に多度津で気象観測が始まってから今日（2004年）までの113年間に、死者と行方不明を合わせて10人以上の被害をもたらした台風は表1に示すとおりである。この中で死者の数など、すべての項目で1899年（明治32年）8月28日の台風による災害は他の災害を上回っており、注目されるが、この災害はほとんど風害によるものである⁶⁾。今回の一連の台風による香川県における被害を表2に示す。死者の数についてみると台風第23号以外に8人の死者があり、合わせて19人となる。これは1976年の台風第7617号による小豆島での死者50人の災害以来の大きな災害となる。

表1 香川県において死者・行方不明10人以上の被害を生じた台風災害

年		月・日		死者	行方不明	負傷者	家屋全壊	家屋半壊
1899	明治32	8.28	8月28日の台風	307	10	955	7,015	4,286
1934	昭和9	9.21	室戸台風	18	1	30	938	728
1945	昭和20	9.17-18	枕崎台風	13	0	13	2,204	380
1959	昭和29	9.26	洞爺丸台風	8	7	5	275	430
1974	昭和49	7.6	台風8号と前線	29	0	27	51	216
1976	昭和51	9.8-9.13	台風17号と前線	50	0	126	287	321
2004	平成16	10.20	台風23号	11	0	15	49	70

* 「多度津の気象百年」（多度津測候所、平成4年）および香川県気象月報による。

香川県およびその周辺の地形図を図1に示す。香川県の南には、徳島県との県境を成す讃岐山脈（最高峰竜王山、標高1060m）が東西に延び、その南には剣山系（最高峰剣山、標高1955m）がある。香川県内には気象庁管轄の気象観測地点が7地点ある。これらの観測地点における観測データおよびレーダー・アメダス解析雨量などによって災害が発生したときの気象条件の特徴について見てみる。

表2 香川県における2004年の4つの台風による被害

台風	災害発生日	死者	負傷者	全壊家屋	半壊家屋	一部損壊	床上浸水	床下浸水
第15号	8月17～18日	5	0	0	4	3	13	689
第16号	8月30日	3	6	1	8	224	6,393	13,424
第21号	9月29日	0	0	1	2	40	46	240
第23号	10月20日	11	15	49	70	155	4,908	12,838
合計		19	21	51	84	422	11,360	27,191

* 高松地方気象台「香川県の気象 平成16年（2004）」による。

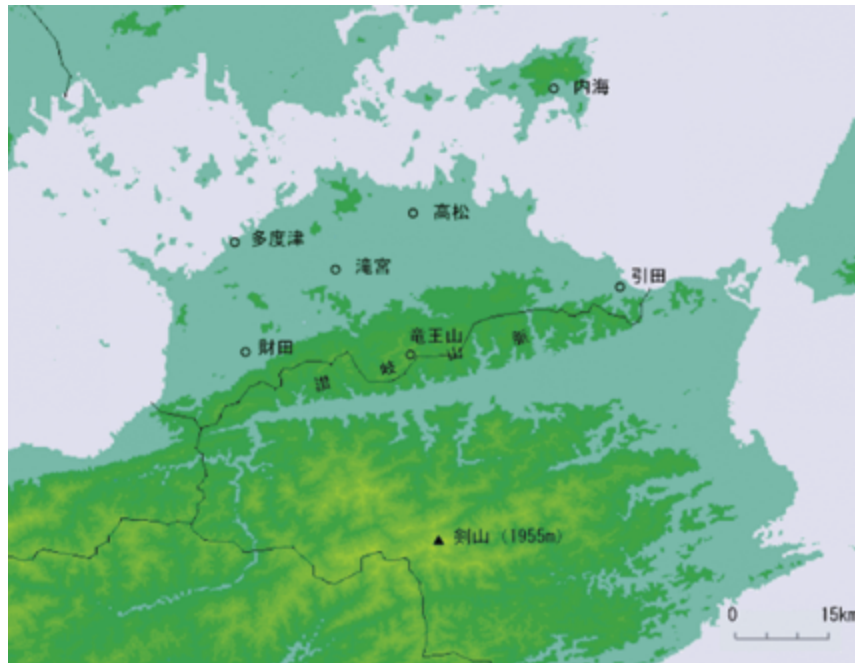


図1 香川県及びその周辺の地形図。標高は250mごとの段彩図で表す。丸印は気象庁の気象庁観測地点。国土地理院の数値地図50mメッシュ（標高）とカシミール3Dを使用。

3. 台風第15号（8月17－18日）の概要

台風第15号（T0415）は図2に示すように、8月16日にフィリピンの東方海上で熱帯低気圧から台風となり、北西の方向に進み、17日には沖縄近海を通り、東シナ海に進んだ。その後、台風は進路を北に変え、さらに18日には進路を北東に変えて、19日06時に対馬付近を経て日本海に進み、20日06時過ぎに青森県の津軽半島に上陸し、下北半島を経て太平洋に進んだ。8月18時に北海道東方海上で温帯低気圧に変わった。

この台風によって香川県西部で大雨が降り、土砂災害などの被害が発生した。このときの財田と多度津における1時間降水量の時間変化を図3に示す。大雨は8月17日と18日の正午前後の2つの時間

帯に集中している。財田と多度津で大雨が降っていたとき、図2に示すように、台風中心の位置（図中の太線）は沖縄近海から東シナ海にあった。

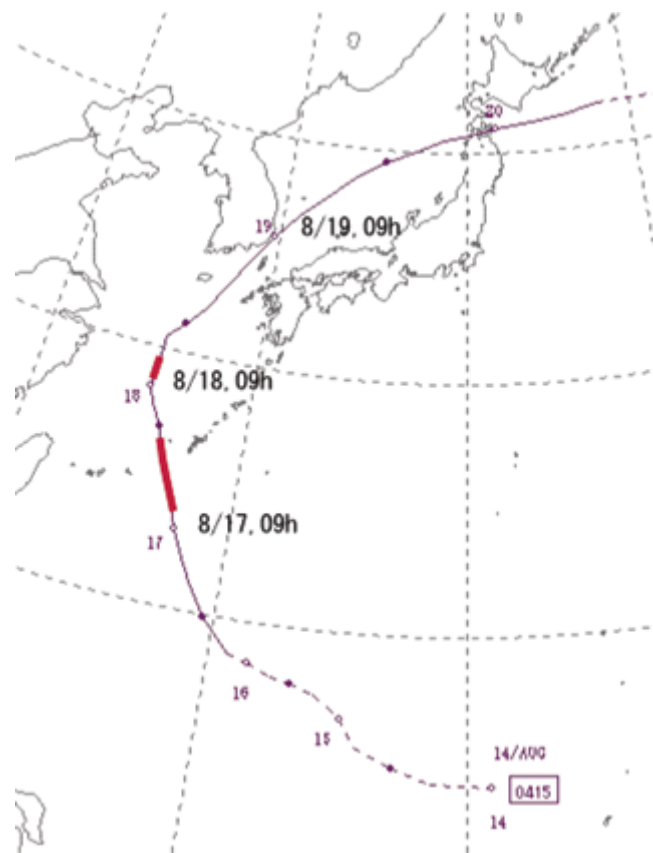


図2 台風第15号（0415）の移動経路（気象庁作成の図を改変）。
実線が台風の期間。白丸が09時、黒丸が21時の位置。

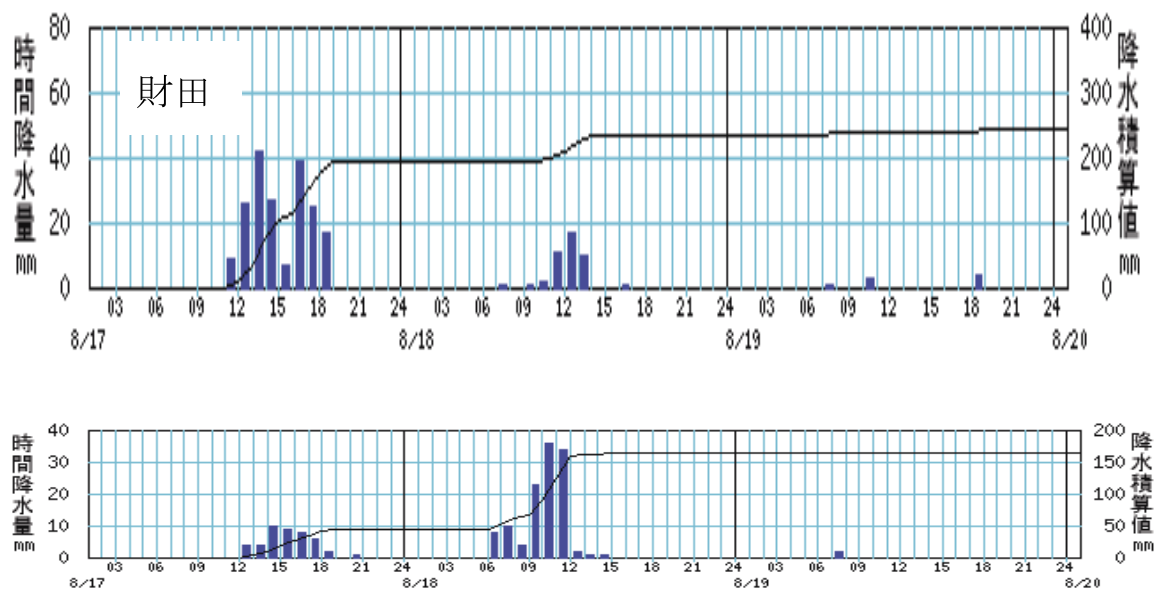


図3 財田（上）・多度津（下）における1時間降水量の変化（8月17日－19日）。（高松地方気象台作成⁷⁾）

8月17日15時の地上天気図（図4）を見ると、台風を中心は沖縄本島の南にあって、停滞前線が本州を横切っている。このときのレーダー・アメダス解析雨量（図5）による降雨域を見ると、台風の高に伴う降雨域と西日本に広がる降雨域がある。香川県西部における大雨は台風の高に伴う降雨域によるものではないことが分かる。図3に示したように、財田では8月17日11時から17時ころまで、1時間降水量20mmを超える雨が合わせて5時間も降り、その中には1時間降水量40mm前後の場合が2時間も含まれている。財田では2日間に235mmの降水量となり、8月の月間平年降水量（103.1mm）の2倍以上を観測した。また最大1時間降水量は17日14時00分に42mm、多度津でも18日11時34分に53mmを観測した。

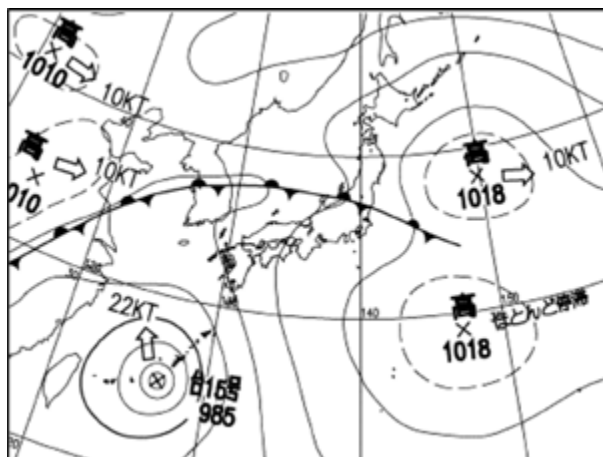


図4 地上天気図（2004年8月17日15時）（気象庁）

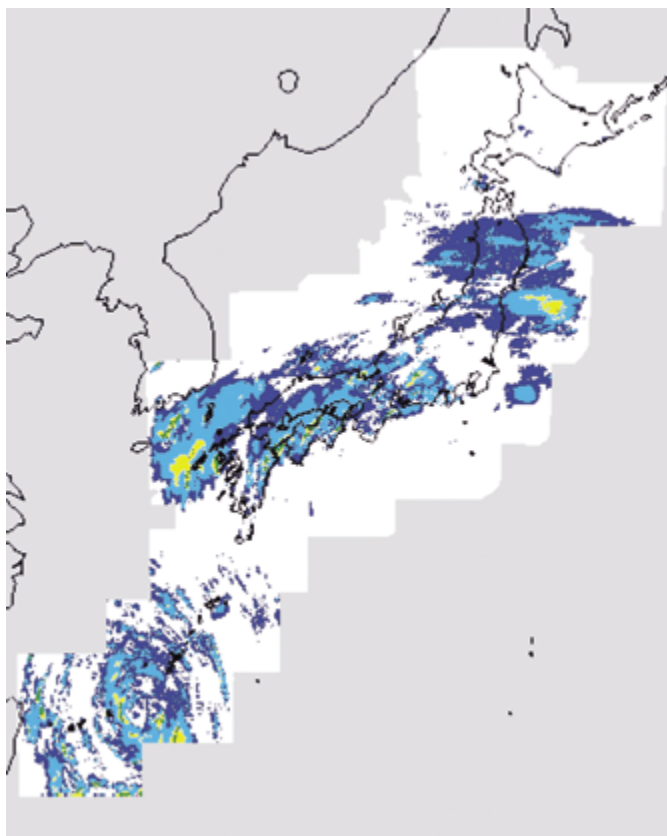


図5 レーダー・アメダス解析雨量
（2004年8月17日15時）（気象庁）



図6 レーダー・アメダス解析雨量
の時間変化を調べた区域

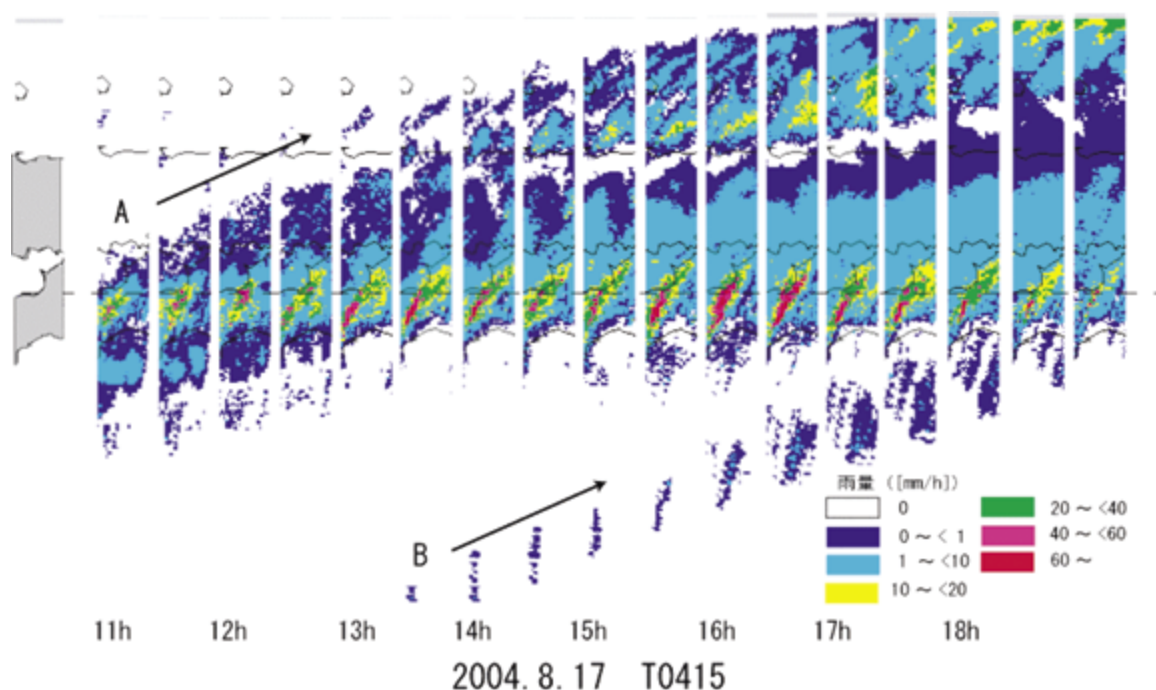


図7 降雨量分布の時間変化（8月17日11:00～19:00）。気象庁のレーダー・アメダス解析雨量を使用。

この原因を調べるために、図6の短冊状の領域における降雨量分布を30分ごとに並べて図7に示す。西日本の降雨域が北北東に移動していたことに対応して、図中Aの降雨域とB（13:30から図に出現）の降雨域は時刻とともに上方（北）に移動していることが分かる。一方、四国の中央部に現れ、香川県西部にまで延びる1時間降水量40mm以上の領域（赤紫色・赤色の部分）は、ほぼ同じ地域に停滞している。このことは、降雨域A、Bが全体としては北北東に移動していたことを考えると、強い降雨域がこの期間、この地域にほぼ連続的に発生していたため、停滞しているように見えることを意味している。

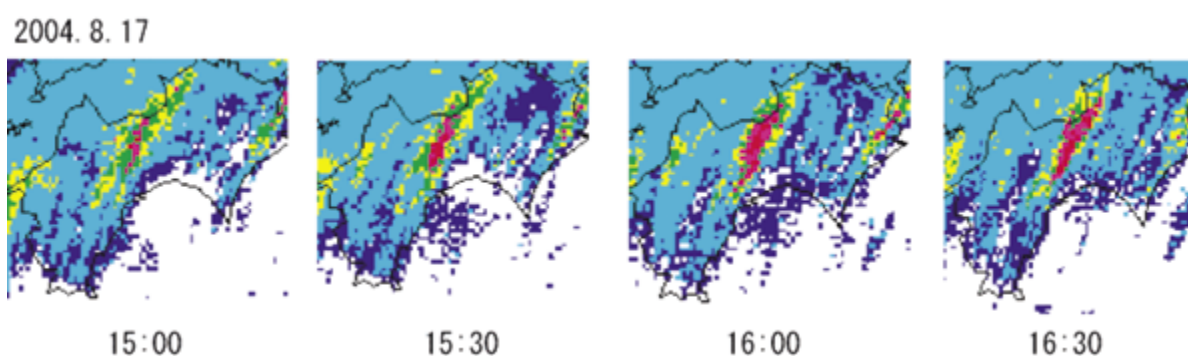


図8 降雨量分布の時間変化（8月17日15:00～16:30）。気象庁のレーダー・アメダス解析雨量を使用。

1時間降水量40mm以上の領域が拡大した15時から16時の降水量分布の時間変化を図8に示す。帯状の強い降雨域は停滞しながら、時間とともに北北東の方向に延び、香川県の西部に広がっている。財田における8月17日16時の大きな降雨量のピークとこの降雨帯の拡大とは対応している。

このように8月17日の香川県西部での大雨は四国の中央部に停滞した強い降雨帯によるものである。8月18日にも、17日ほどは顕著ではないが、この地域に強い降雨帯が存在した。このことは台風

本体の渦から離れている地域でも、強い降雨帯が連続的に存在するような気象条件にある場合には、大雨が生ずることを意味しており、このような事例は多く報告されている。表1に示した1976年の台風7617と前線による災害も小豆島の上に停滞した降雨帯によってもたらされた。

多度津における8月17日12時から18日12時までの24時間の気温・風向風速・降水量の時間変化を図9に示す。気温は17日13時から14時にかけて低下し、その後はほぼ一定となっている。風速は4 m/s以下で弱く、風向は南よりであるが変動が大きい。

8月17日から19日までの四国の総降水量の分布を図10に示す。愛媛県東部など四国中央部に400mmを超える降水量のところがみられる。これは、おもに17日と18日に存在した強雨帯によって

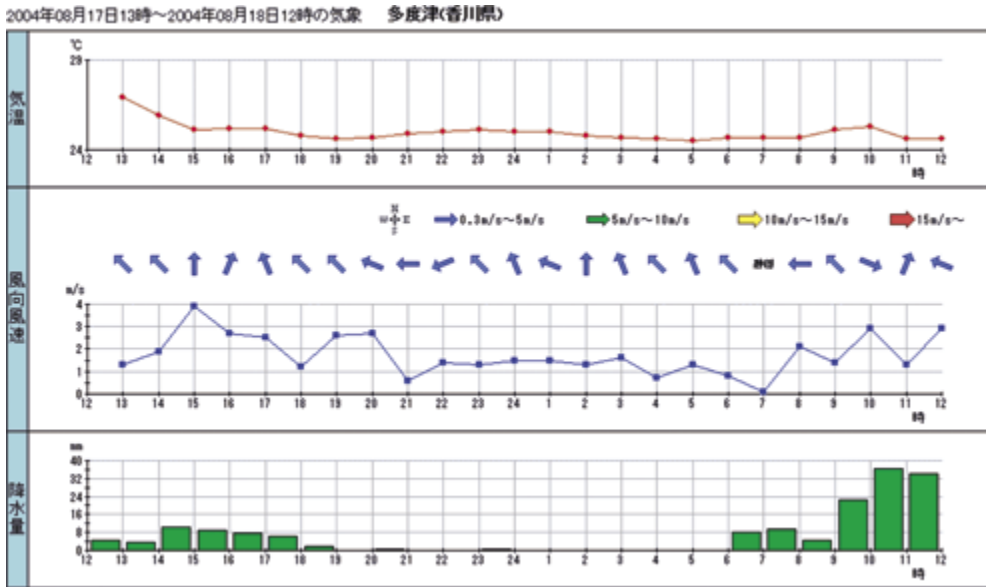


図9 多度津における気象要素の時間変化（8月17日12時－18日12時）（気象庁）

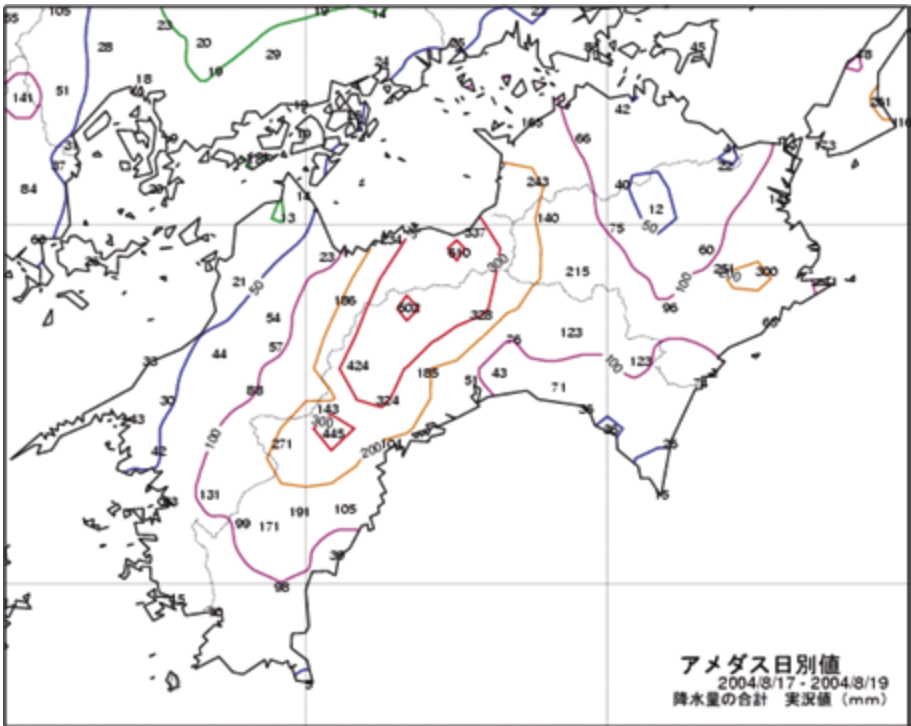


図10 台風0415による総降水量（2004年8月17－19日）（高松地方気象台作成⁷⁾）

生じた。香川県の西部は200mmを越えていたが、中部・東部は100mm以下であった。

この台風により8月17日から18日にかけて、豊浜町、琴平町、観音寺市、大野原町で死者5人、坂出市などで住家4棟が半壊、3棟が一部損壊し、観音寺市などの1市9町で床上浸水13棟、床下浸水689棟が発生した⁸⁾。

4. 台風第16号（8月30日）の概要

台風第16号（T0416）は8月19日にマーシャル諸島付近の海上で発生し、図11に示すように、8月30日10時前に強い勢力のまま鹿児島県串木野市付近に上陸した。その後九州を縦断し、30日17時30分に山口県防府市付近に再上陸し、中国地方を北東進した後、21時過ぎには日本海に出た。

8月30日21時の地上天気図を図12に示す。台風中心を取り巻く1000hPaの閉じた等圧線内に西日本が入っている。このときのレーダー・アメダス解析雨量の分布を図13に示す。台風の本体に伴う降雨域が中国・四国・近畿地方を覆っている。このとき、四国の降雨は四国山地の中央部や南東斜面にあたる太平洋側で多く、香川県では少なかった。

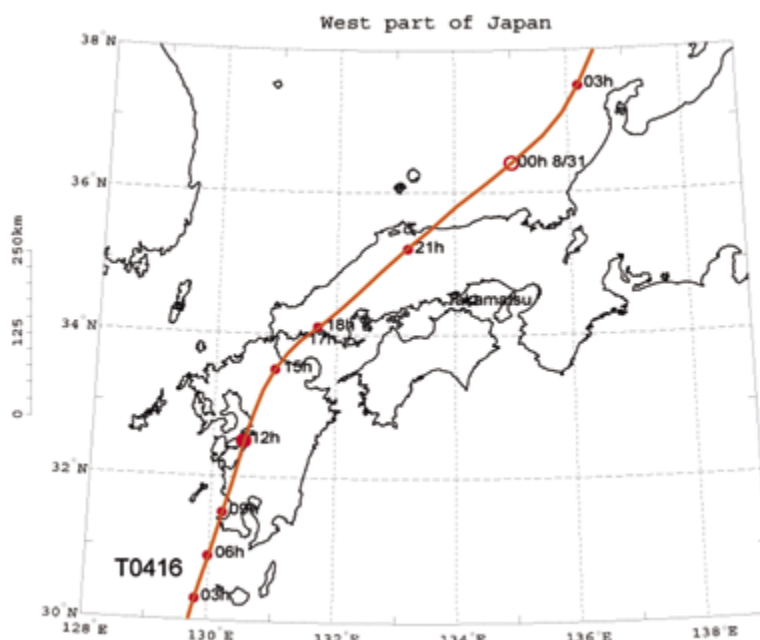


図11 台風0416の移動経路。気象庁が決定した台風中心の位置データによる。

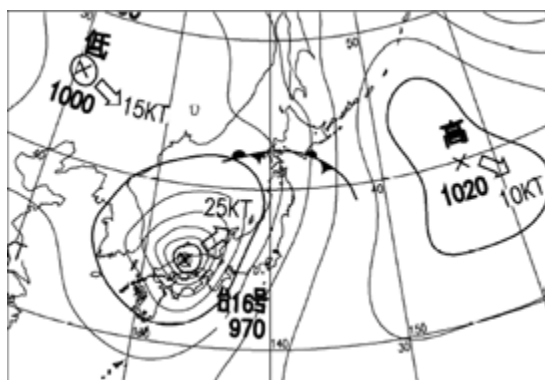


図12 地上天気図（2004.8.30、21h）
（気象庁）

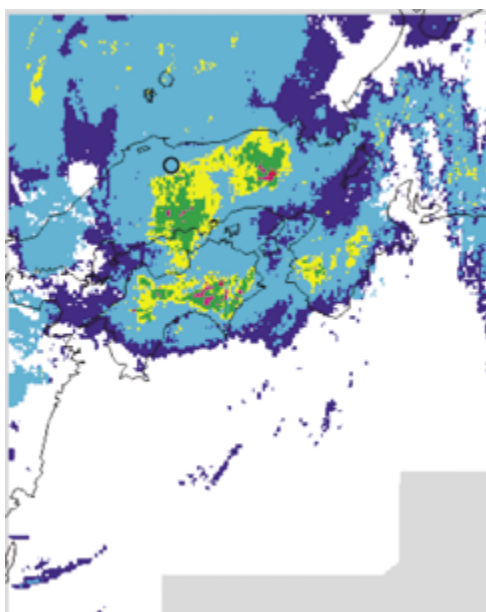


図13 レーダー・アメダス解析雨量
(2004. 8. 30、21 h) (気象庁)。
丸印は台風中心の位置

台風0416が中国地方を通過中の降雨域の変化を図14に示す。四国で1時間降水量20mm以上の雨域は山地の中央部と南東斜面にあって香川県の大部分は含まれていない。このような降水量分布は、台風が四国の西側を通過する場合の一般的な特徴である。四国山地の影響を受けにくい香川県東部では18時から20時にかけて、強い雨域が延びてきている。

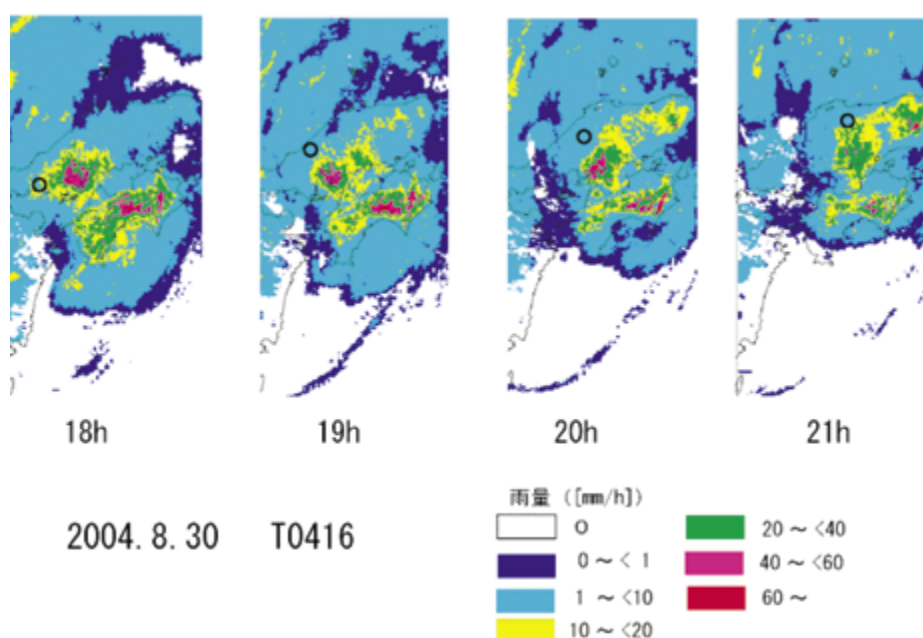


図14 降雨域の時間変化 (2004. 8. 30、18時～21時)。気象庁のレーダー・アメダス解析雨量を使用。図中の丸は台風の中心の位置。

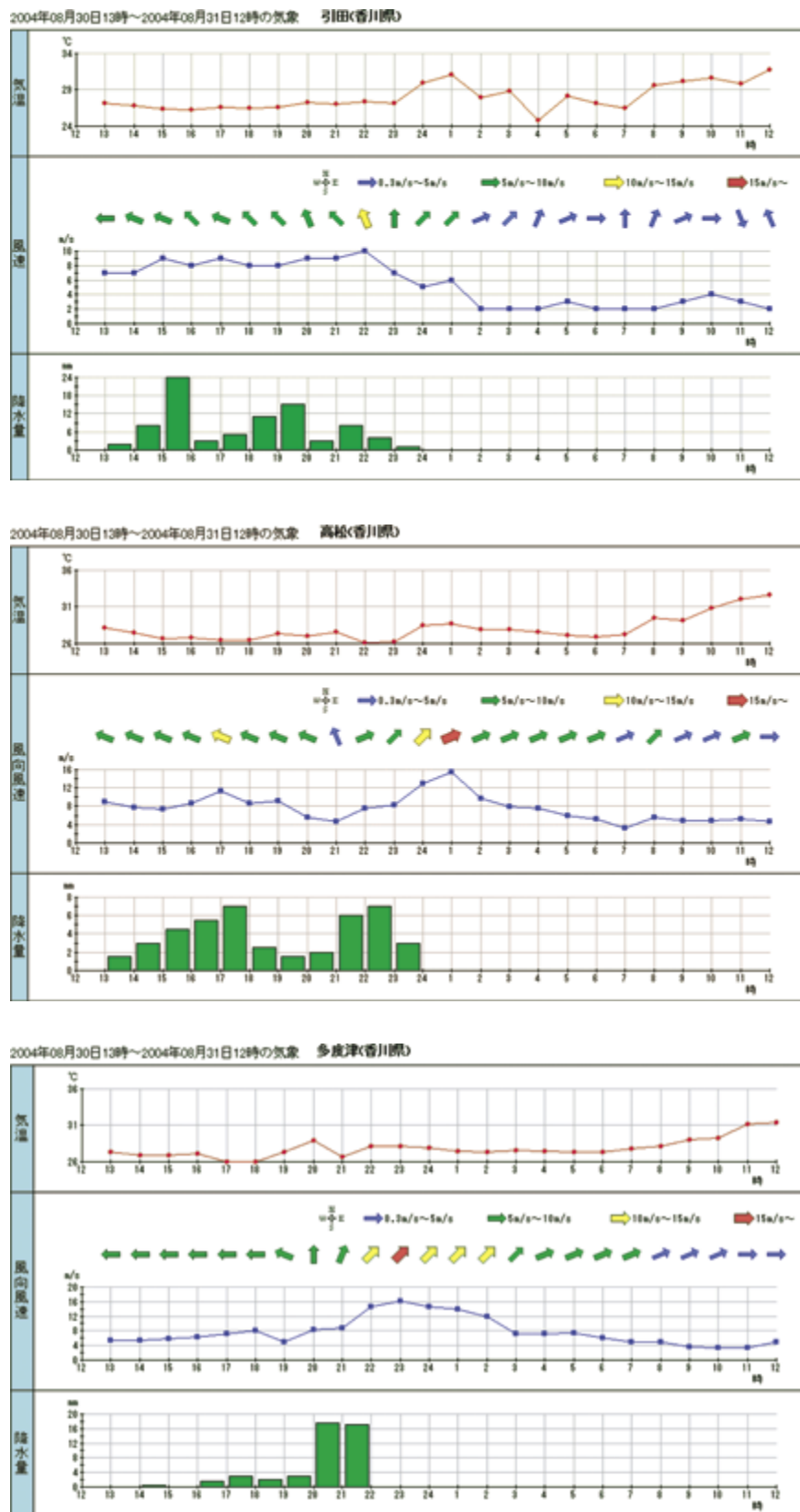


図15 引田・高松・多度津における気象要素の時間変化（8月30日12時～31日12時）（気象庁）

引田・高松・多度津における8月30日12時から8月31日12時までの気象要素の時間変化を図15に示す。引田では30日13時に東の風7m/sの強風が吹いており、変動はあるが、次第に風速を増し、風向も時計回りに変化し、22時に10m/sで南南東の風となり、その後は風速が低下した。高松では30日06時ころから東南東の風が次第に強まり、12時には10.3m/sに達し、17時には11.3m/sとなった。その後、風速は一時低下するが、再び増加し、31日01時に15.5m/sの最大値となった。多度津では、風向は東で、風速が次第に増加するが、19時に風向が時計回りに変化するのに伴って、風速も一旦低下するが、その後、風向は南よりとなり、23時に南西の風で16.1m/sの最大値を示した。日最大瞬間風速は多度津35.4m/s（30日22:09）、高松で30.7m/s（31日01:00）を記録した。

台風0416は中国地方を北西方向に進み、香川県は進行方向の右側に位置していた。このとき台風の渦に伴う風は、地形の影響がない場合、香川県では風向が東から西に時計回りに変化することになる。香川県内で観測された風の変化も時計回りに変化しているが、高松や多度津の風は東よりから西よりへの変化が、徐々にではなく、スイッチされるように短時間のうちに生じている。これは、瀬戸内海側では風は四国山地の影響で東よりか、西よりに吹く傾向があるためである。平均風速および最大瞬間風速の最大値は台風0416の中心が中国地方を抜けて日本海を通過中に生じている。

香川県内の降雨は8月30日に集中し、日降水量は高松47.5mm、多度津50.5mm、引田110mm、財田62mmであった。香川県は31日00時過ぎには暴風域を抜けたが、30日夜遅くには、大潮の満潮時と重なったこともあり高潮と暴風による大きな被害が発生した。台風による四国の総降水量の分布を図16に示す。四国山地中央部および東部では300mmを超えた。

高松市で高潮による死者2人、豊浜町で強風にあおられ死者1人、丸亀市など2市2町で6人の負傷者が出た。坂出市では住家1棟が全壊し、観音寺市など2市1町で住家8棟が半壊し、内海町など1市7町で住家224棟が一部損壊したほか、高松市など6市11町で6,393棟床上浸水し、高松市など6市12町で13,424棟の床上浸水が発生した。そのほか大野原町など2町で非住家8棟が全壊し、坂出市など1市3町で非住家8棟が半壊した⁸⁾。

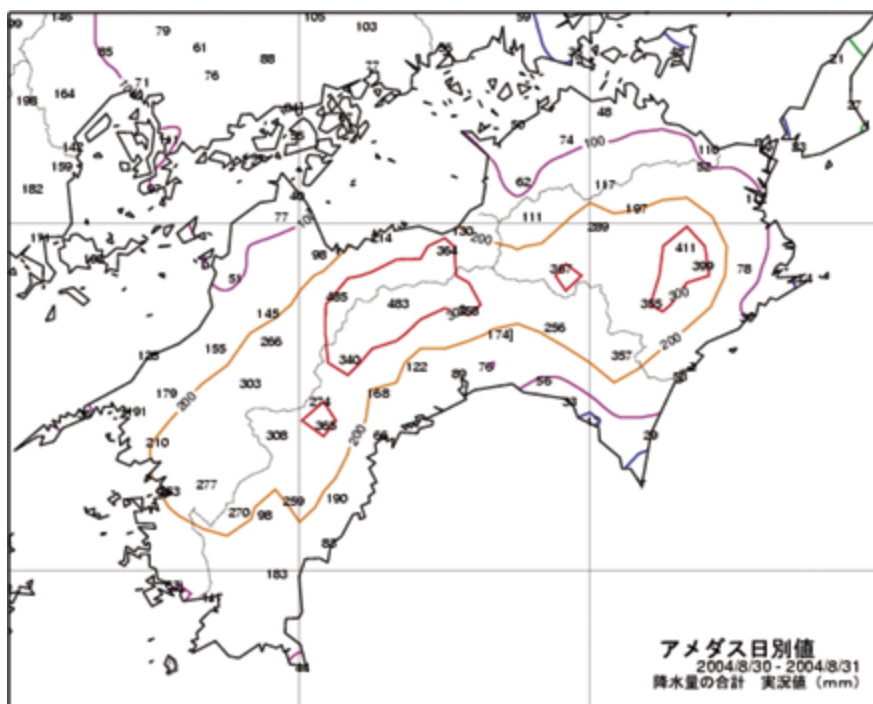


図16 台風0416による総降水量分布図（8月30－31日）（高松地方気象台作成⁹⁾）

5. 台風第21号（9月29日）の概要

台風第21号（T0421）は、9月21日にグアム島の南西海上で発生し、図17に示すように29日08時半ころ鹿児島県串木野市付近に上陸（中心気圧970hPa）した。上陸地点は台風0416とほぼ同じであるが、その後は、15時過ぎに宿毛市付近へ再上陸（中心気圧980hPa）した後、17時ころ高知市付近、19時ころ徳島市の西南西を通過し、20時半ころ大阪市付近へ再上陸した。その後、近畿地方北部、北陸地方、東北地方を通過し、30日12時三陸沖において温帯低気圧に変わった。

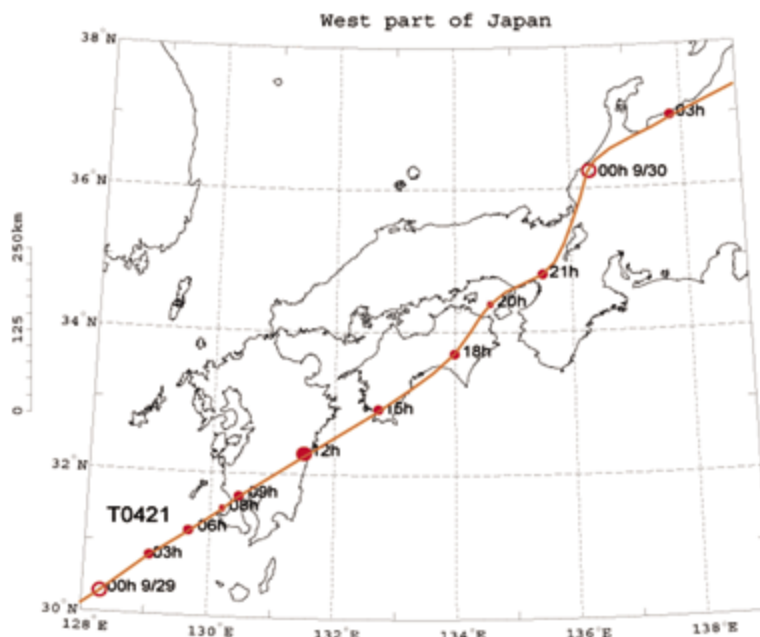


図17 台風0421号の移動経路図。気象庁が決定した台風中心の位置データによる。

台風中心が高知県を通過中の29日18時の天気図を図18に示し、このときのレーダー・アメダス解析雨量図を図19に示した。1時間降水量20mm以上に相当する降雨領域が台風中心から北の方に帯状に広がっている。

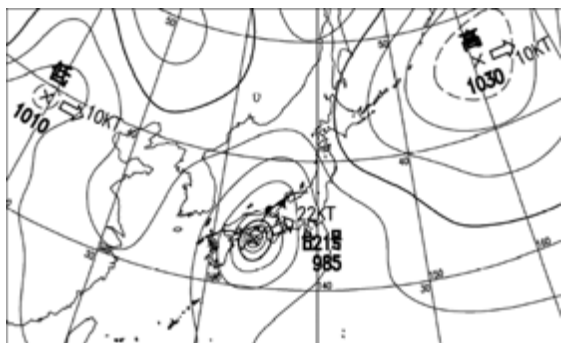


図18 地上天気図（2004.9.29、18:00）
（気象庁）

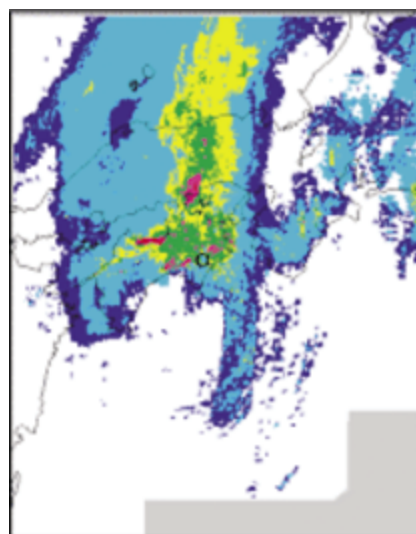


図19 レーダー・アメダス解析雨量
（2004.9.29、18:00）（気象庁）。
丸印は台風の中心位置。

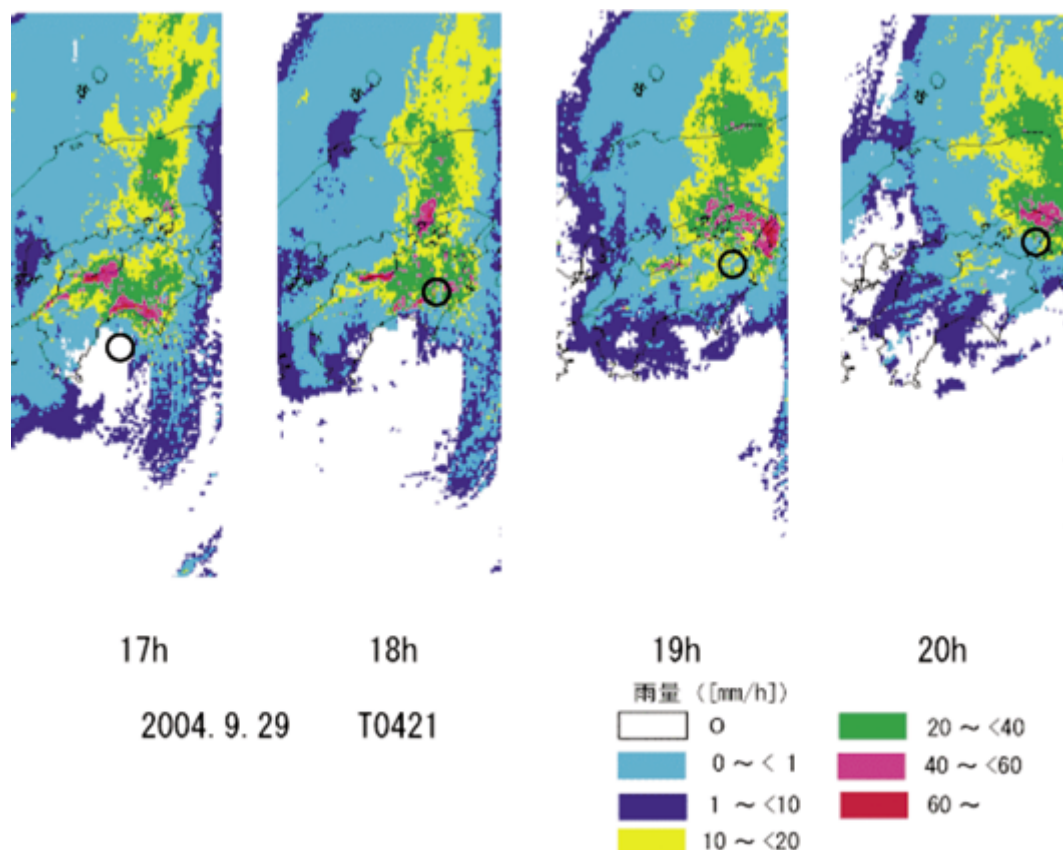


図20 降雨域の時間変化（9月29日、17時～20時）。気象庁のレーダー・アメダス解析雨量

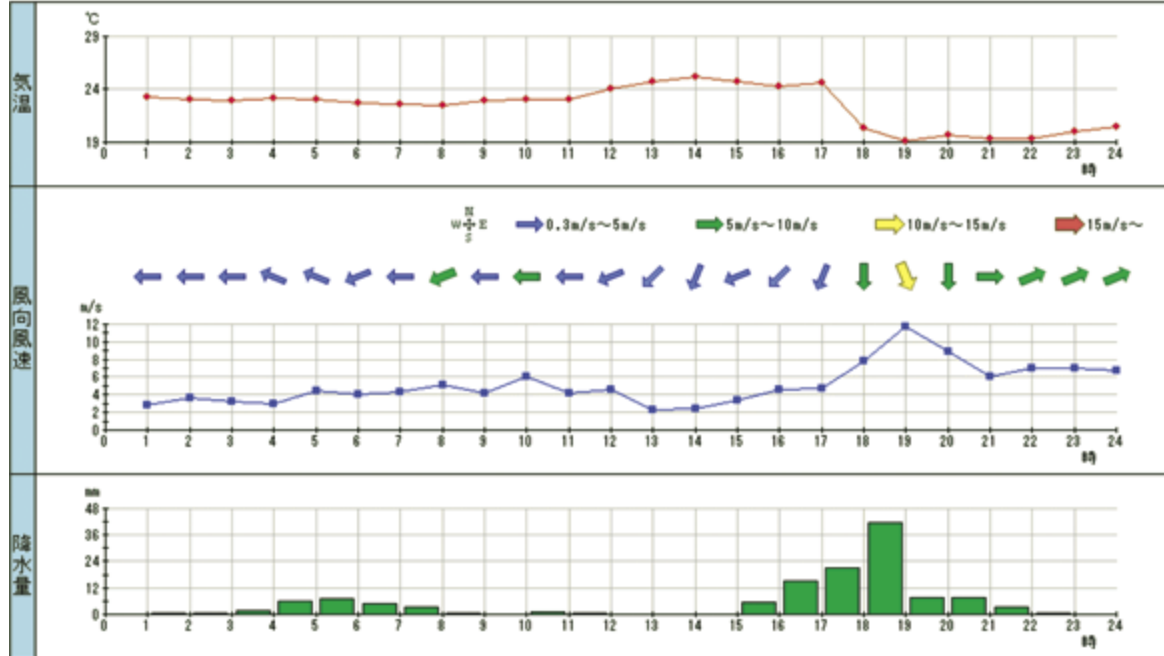
台風0421が四国付近を通過中の降雨域を図20に示す。9月29日17時には土佐湾上にあり、40mm/hの降雨域が土佐湾の沿岸部と燧灘の沿岸部に現れている。四国山地の瀬戸内海側にも強い降雨域が見られるのは、このとき、台風の渦による流れを考えると、この地域上空は東～南東の風になることから、四国山地の影響は小さいことによると考えられる。

高松・多度津における9月29日の気象要素の時間変化を図21に示す。両地点とも台風が九州を抜けた12時ころから東よりの風向が反時計回りに変化し始め、多度津では17時に風向が北になるに伴って、風速が最大で14.6m/sとなり、高松では19時に風向が北北西、風速が最大で11.7m/sとなった。このとき高松では1時間降水量が41.5mmを記録した。

台風0421による総降水量分布を図22に示す。総降水量400mmを超えるところが四国中央部に見られ、総降水量300mmを超えるところが四国中央部および東部に見られる。香川県は中央部の一部で100mm以下のところも見られるが、それ以外は100mm以上で、西部では200mmを超えている。

8月29日の大雨により道路の冠水や家屋の床上浸水等がみられた。大野原町では住家1棟全壊、2棟が半壊し、大野原町など2市2町で一部損壊40棟、大野原町など5町で非住家7棟の被害が発生した。また、豊浜町など3町で46棟が床上浸水し、豊浜町など2市3町で240棟が床下浸水した。道路被害は、内海町など3町で4箇所の道路破壊、高松市など1市2町で5箇所の道路冠水が発生した。大野原町と豊浜町では土石流が発生し、大野原町ではライフラインが寸断され4集落が孤立した⁸⁾。

2004年09月29日01時～2004年09月29日24時の気象 高松(香川県)



2004年09月29日01時～2004年09月29日24時の気象 多度津(香川県)

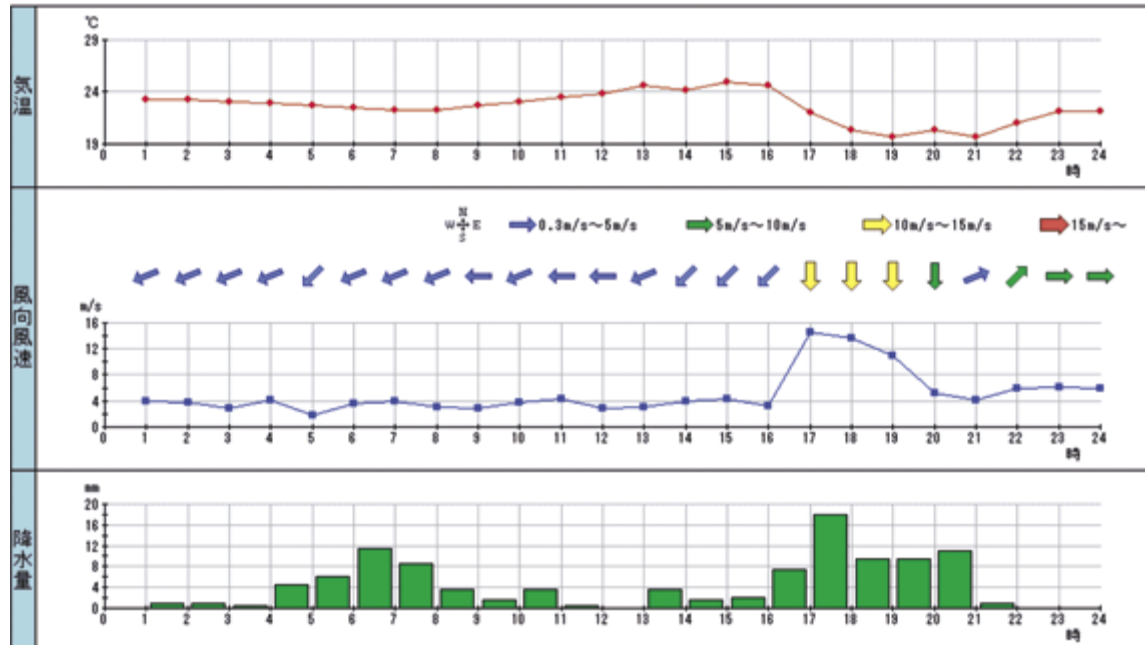


図21 高松・多度津における気象要素の変化（2004年9月29日）（気象庁）

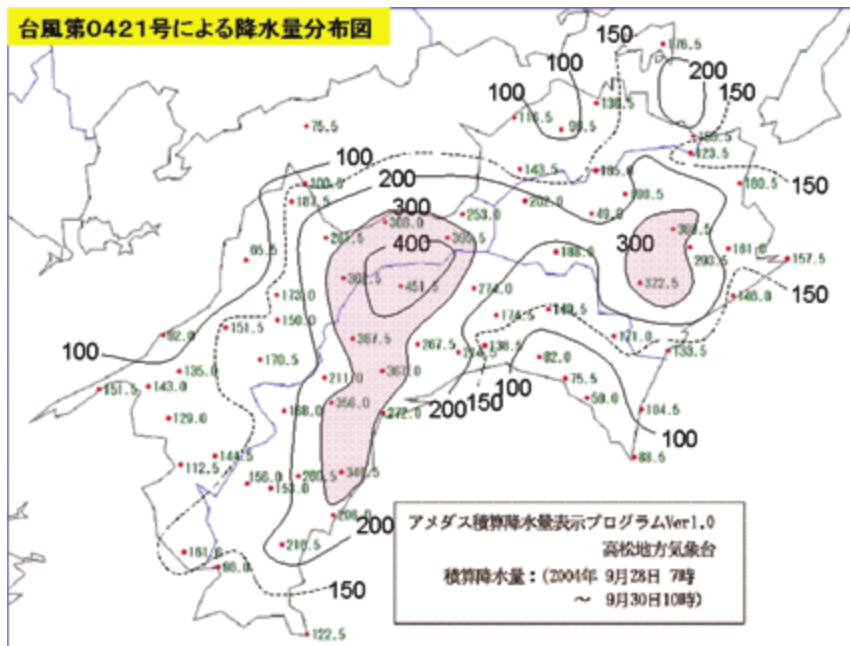


図22 台風0421による降水量分布図（2004年9月28－30日）（高松地方気象台作成¹⁰⁾）

6. 台風第23号（10月20日）の概要

台風第23号（T0423）は、10月13日にグアム島近海で発生し、10月20日09時には図23に示すように、九州の東の海上に達した。台風はその後、北北東に進み、13時ころ、大型で強い勢力で広い範囲の暴風域を維持したまま高知県土佐清水市付近に上陸（955hPa）した。その後も大型で強い勢力を保ち、16時ころ徳島県阿南市の南西を経て、大阪府泉佐野市に再上陸した。その後、台風は近畿、中部、関東地方を通過して、21日06時に鹿島灘へ抜けた。この台風は暴風域が広く、また本州付近に停滞していた前線の活動が活発となったため、西日本から東北地方の広い範囲で暴風、大雨、高波となった。この時の地上天気図（図24）に示されるように、中心気圧950hPaの非常に発達した台風であった。

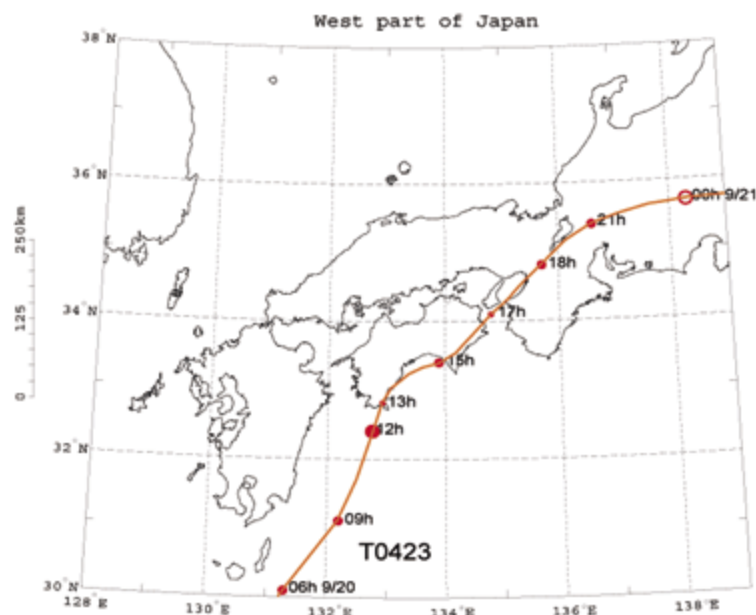


図23 台風0423の移動経路。気象庁が決定した台風の中心の位置データによる。

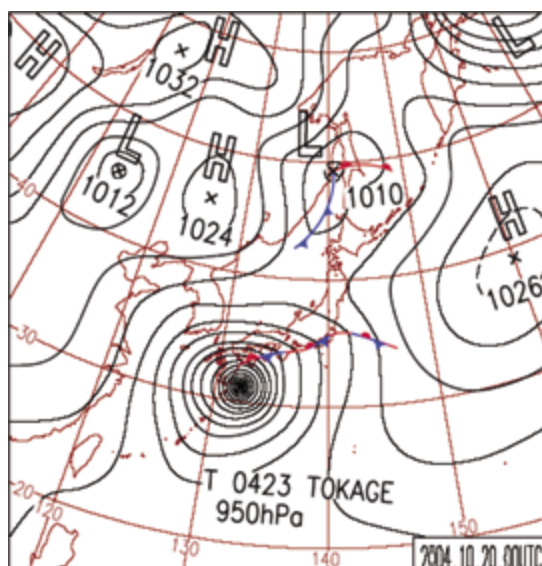


図24 地上天気図(2004年10月20日09時) (気象庁)

台風0423が土佐清水市付近に上陸する前の11時から四国を通過後の17時までのレーダー・アメダス解析雨量を図25に示す。1時間降水量20mm以上の強い降雨域が11時から13時にはほぼ四国全域を覆い、14時には西部を除く地域を覆っている。1時間降水量40mm以上の激しい降雨域が四国山地の太平洋側の2地域に停滞している。このうち東部山地に広がる降雨域は12時から14時には香川県の東部に延びている。

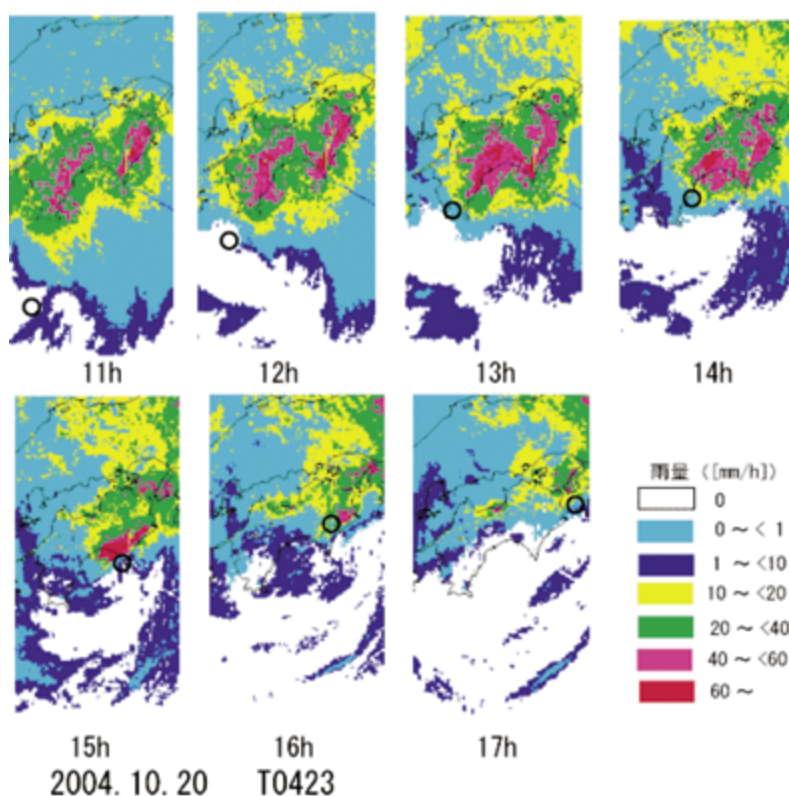
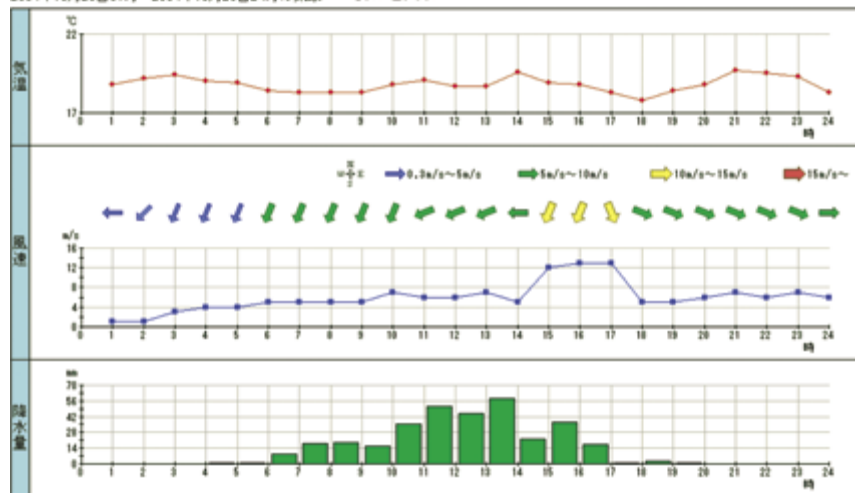
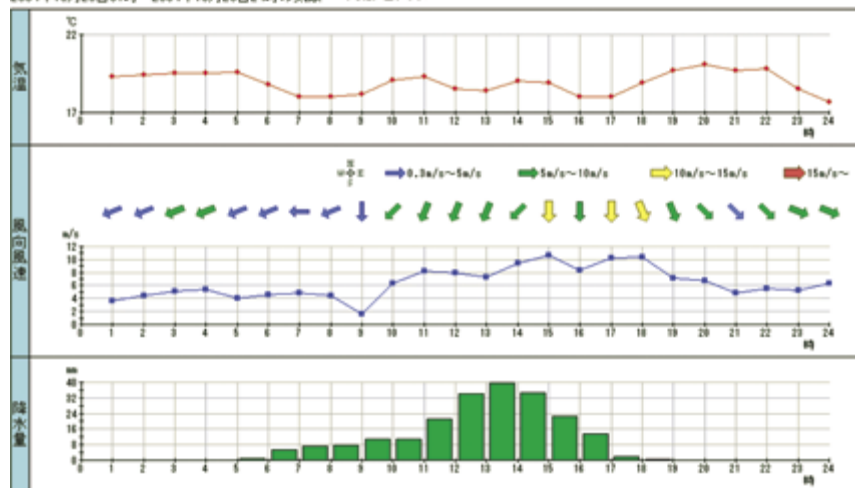


図25 降雨域の時間変化 (2004年10月20日11－17時)。気象庁のレーダー・アメダス解析雨量を使用。

2004年10月20日01時～2004年10月20日24時の気象 引田(香川県)



2004年10月20日01時～2004年10月20日24時の気象 高松(香川県)



2004年10月20日01時～2004年10月20日24時の気象 多度津(香川県)

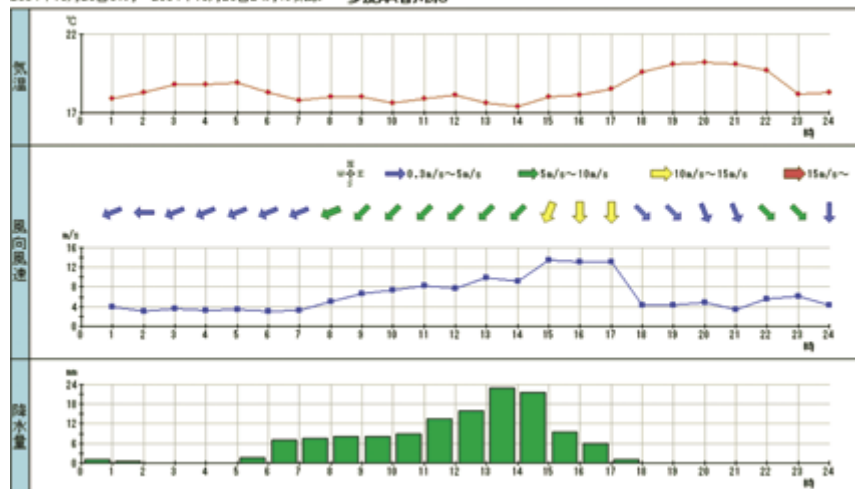


図26 引田・高松・多度津における気象要素の時間変化（2004年10月20日）（気象庁）

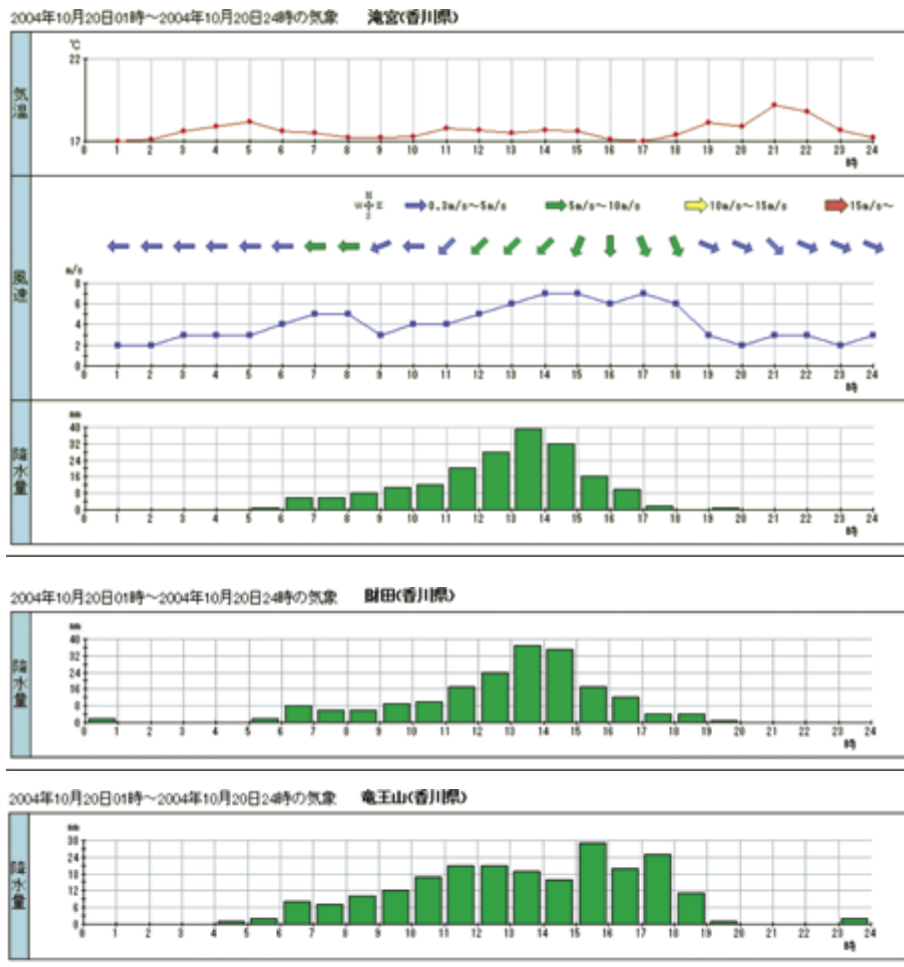


図27 滝宮・財田・竜王山における気象要素の時間変化（2004年10月20日）（気象庁）

9月20日の引田・高松・多度津の気象要素の変化を図26に示し、滝宮・財田・竜王山における気象要素の変化を図27に示す。引田と多度津では平均風速が12m/sを超える北よりの強風が15時から17時に吹いた。高松では11時から19時まで8m/s前後の北よりの強風が吹いた。滝宮では13時から18時に6m/s以上の北よりの風が吹いた。香川県での強風は、台風中心が土佐清水市に上陸後、土佐湾を通過して四国の東部を通過中に生じていた。強風とともに大雨も降り、引田と高松では14時にそれぞれ1時間降水量58mmと39.5mmを記録した。どの地点も台風中心が土佐清水市に上陸する前から降雨は始まっていたが、台風中心が上陸後、四国の南側を通過中に大雨が降っている。引田では20日の日降水量が333mmとなり、前日の19日の降水量と合わせると、395mmに達した。

この台風による総降水量の分布を図28に示す。香川県全域で総降水量は200mmを超えている。降水量の多いところは四国中央部と東部で、東部の400mmを超える降水量域が香川県東部にまで延びている。香川県内では、さぬき市など4市2町で土砂災害や河川の氾濫などにより死者11人、綾上町など2市3町で15人が軽傷を負ったほか、さぬき市など4市6町で住家49棟全壊、東かがわ市など4市10町で70棟半壊し、東かがわ市など2市14町で155棟が一部損壊した。また、大雨により高松市など7市24町で4,908棟床上浸水し、県内全市町で12,838棟床下浸水した⁸⁾。

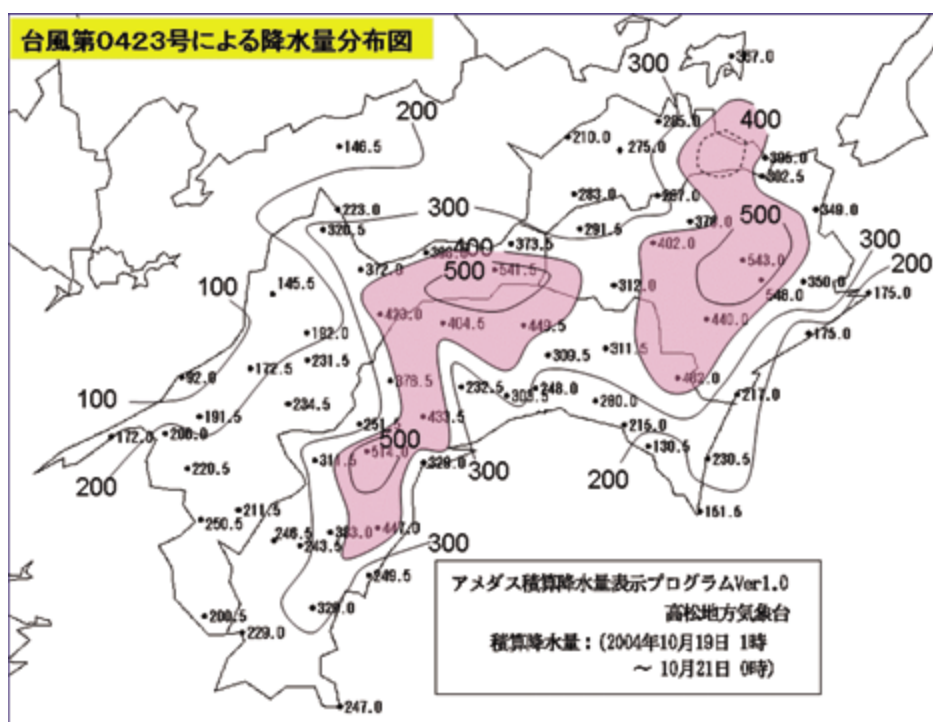


図28 台風0423による総降水量（2004年10月19－21日）（高松地方気象台作成¹¹⁾）

7. まとめ

それぞれの台風による災害の特徴をまとめると次のようになる。

(1) 台風0415号（8月17－18日）

台風が沖縄近海から東シナ海を北上中に、四国中央部に南西―北東に延びる強雨帯が17日と18日に継続的に存在し、その端が香川県西部に延び、西部で大雨が発生した。

(2) 台風0416号（8月30日）

台風が山口県防府市付近に再上陸し中国地方を北東進しているとき、香川県は暴風域に入り、大潮の満潮時と重なったこともあり高潮と暴風による大きな被害が発生した。

(3) 台風0421号（9月29日）

台風が高知市に上陸し、徳島市に向かうとき、香川県は西部から暴風雨域に入り、おもに西部で土石流や大雨災害が発生した。

(4) 台風0423号（10月20日）

台風が高知県土佐清水市付近に上陸し、徳島県阿南市の南西を経て、大阪府泉佐野市に再上陸するまでに、暴風雨により香川県東部で土砂崩れや河川氾濫などが発生し、高松市など香川県全域で浸水被害が発生した。

謝辞

この調査報告をまとめるにあたり、高松地方気象台による調査結果を利用させていただきました。多くの資料を提供していただいた高松地方気象台に感謝します。

引用文献

- 1) 塩田輝也、松岡 隆：台風による四国地方の地域雨量、日本気象学会関西支部昭和31年度研究発

表会、1-10、1956.

- 2) 合田 勲：四国南部の降雨（大雨）の特性、気象研究ノート、16、154-167、1965.
- 3) 二宮洸三：四国南部の強雨の事例、天気、24、105-112、1977.
- 4) 森 征洋、吉井雅英：四国における台風による降雨と地形の関係について－台風9717号の場合－、香川大学教育学部研究報告Ⅱ、第52巻、第2号、23-29、2002.
- 5) 森 征洋、吉藤順子：台風による四国の降雨と地形との関係について－台風8917号についての事例研究－香川大学教育学部研究報告、第Ⅱ部、第42巻、第1号、pp.19-29、1992.
- 6) 森 征洋：香川県における観測史上最大の被害台風－1899（明治32）年8月28日の台風－、自然災害学会誌「自然災害科学」、第22巻、3号、271-283、2003.
- 7) 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第15号に伴う8月17日から19日にかけての香川県の大雨に関する気象速報（平成16年8月23日）、2004.
- 8) 高松地方气象台：香川県の気象 平成16年（2004年）、2005.
- 9) 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第16号に関する香川県内の気象速報（平成16年9月1日）、2004.
- 10) 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第21号に関する香川県内の気象速報（平成16年10月1日）、2004.
- 11) 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第23号に関する香川県内の気象速報（平成16年10月22日）、2004.

参考文献・資料

1. 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第15号に伴う8月17日から19日にかけての香川県の大雨に関する気象速報（平成16年8月23日）
2. 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第16号に関する香川県内の気象速報（平成16年9月1日）
3. 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第21号に関する香川県内の気象速報（平成16年10月1日）
4. 高松地方气象台：平成16年（2004年）台風第23号に関する香川県内の気象速報（平成16年10月22日）
5. 高松地方气象台：香川県の気象 平成16年（2004年）
6. レーダー・アメダス解析雨量データ2004年、気象庁
7. 気象庁ホームページ／気象統計情報／昨日までのデータ（統計値）

2. 高潮災害の被災要因と対策

高潮班：神崎 正（工学部安全システム建設工学科）

末永 慶寛（工学部安全システム建設工学科）

長谷川修一（工学部安全システム建設工学科）

1. 高潮災害の現状と要因

1.1 浸水被害

1.1.1 浸水被害の概要

2004年16号台風は、8月18日に太平洋沖で発生し、同30日に九州鹿児島県に上陸、のち瀬戸内海・中国地方山口県を経て日本海へ抜けるルートをとった。この台風で高松市内では、同日20時頃から一部地区にて浸水を開始、22時42分（図1.1）には最高潮位が2.46mにも及んだ。この値は事前に気象台が算出したデータでさえ大幅に上方修正する記録的な高潮災害となった。高松港護岸の多くは市の計画高の2.05mで設計されており、その高さを超えた海水が多量に進入し、市内は広域にわたり床上・床下浸水の被害を受けた。

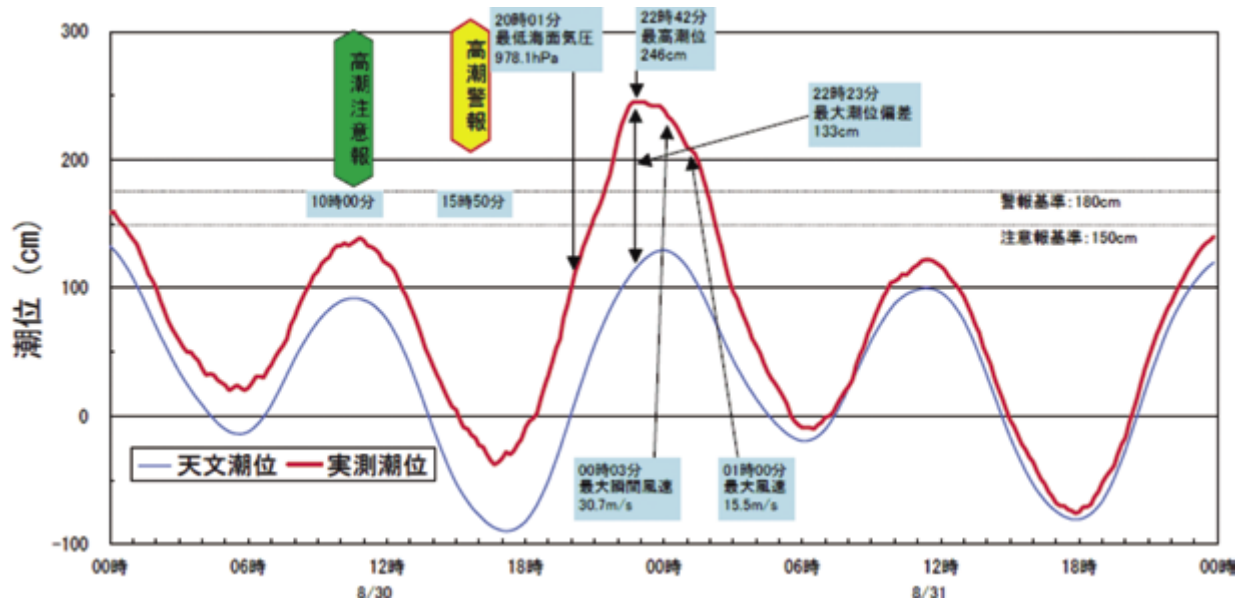


図1.1 高松港における潮位変化³⁾

香川県では、床上浸水5,874件・床下浸水16,088件と床上・床下浸水合わせて22,000件におよぼ被害をこうむった。香川県の中でも高松市は、15,000件以上と極めて多くの被害を生じた。表1.1は、今回の台風での被害件数を示したものである。

表1.1 浸水被害件数^{c)}

地域	床上浸水	床下浸水	全壊	一部損壊	半壊	死者
高松市	3,538	12,023				2
丸亀市	208	749				
さぬき市	288	558				
土庄町	523	523		24		
内海町	180	349		174		
東かがわ市	195	280				
坂出市	135	254	1		5	
観音寺市	90	250		7	1	
多度津町	93	237				
庵治町	109	192				
池田町	49	164		5		
直島町	270	143		1	2	
牟礼町	87	141				
仁尾町	6	30				
宇多津町	12	34				
豊浜町	2	19			2	1
詫間町	87	136				
三野町		6				
香南町				2		
国分寺町				1		
大野原町				21		
合計	5,872	16,088	1	235	10	3

1.1.2 浸水地域の状況

高松市における浸水地域は、高松市中心部への浸水が目立つものとなった。図1.2は、今回の台風0416号での浸水被害地域を示したものである。瀬戸内から来たと思われる浸水は昭和町、多賀町まで達し、最南端は上福岡町や木太町西まで浸水が及んでいる。

(1) 屋島東

浸水域の横に相引川が流れており、ここからの浸水があったと思われる。また、屋島東小学校周辺も浸水域になっており、この浸水は海からきたものと考えられる。

(2) 屋島西

屋島西団地では、東側に汐入川が流れており、この場所から浸水していると考えられる。西からの浸水はないので、海からの浸水はなかったと考えられる。図1.2を見る限りでは、汐入川では全体から浸水していると思われる。しかし、川の近傍は浸水しているものの、中までの浸水は見られない。

(3) 朝日町東地区

この場所はジャンボフェリー乗り場があり、全域浸水している。かなりの高さの浸水があったものと考えられる。

(4) サンポート高松

浸水は見られない。高松中心部の沿岸部はほぼ浸水しているが、この場所の浸水はなかった。地盤が高かったことによるものとみられる。

(5) 木太町

木太町は東に春日川、西に詰田川が流れてきており、そこからの浸水があったと考えられる。最南端は、木太小学校までに及んでいる。

(6) 上福岡町

上福岡町は東に詰田川が流れており、北西に御坊川が流れている。そこからの浸水があったと考えられる。最南端は、高松琴平電鉄長尾線手前まで浸水がきている。この場所が高松市でも、最も最南端まで浸水があったところである。

(7) 多賀町

多賀町は南東に御坊川が流れている。御坊川および海の両方から浸水があったものと考えられる。この場所の最南端は観光通り手前まできている。北側は松福町、福岡町、朝日町と浸水しており、このあたりは地盤が低くかなりの量の浸水があったものと見られる。

(8) 昭和町

昭和町は、海から来た浸水があったと考えられる。最南端は紫雲中学校、香川大学くらいまでの浸水があったと思われる。

(9) 香西本町

香西本町は、東に本津川が流れている。川からの浸水はあったのかは不明である。この場所の最南端は香西小学校あたりまでの浸水が見られる。北に位置する香川県流域下水道高松西部浄化センターは、浸水域には入っていない。

(10) 生島町

生島町では、生島湾からの浸水があったと思われる。この場所では県総合運動公園は浸水しておらず、その回りを囲んでの範囲で浸水が見られる。

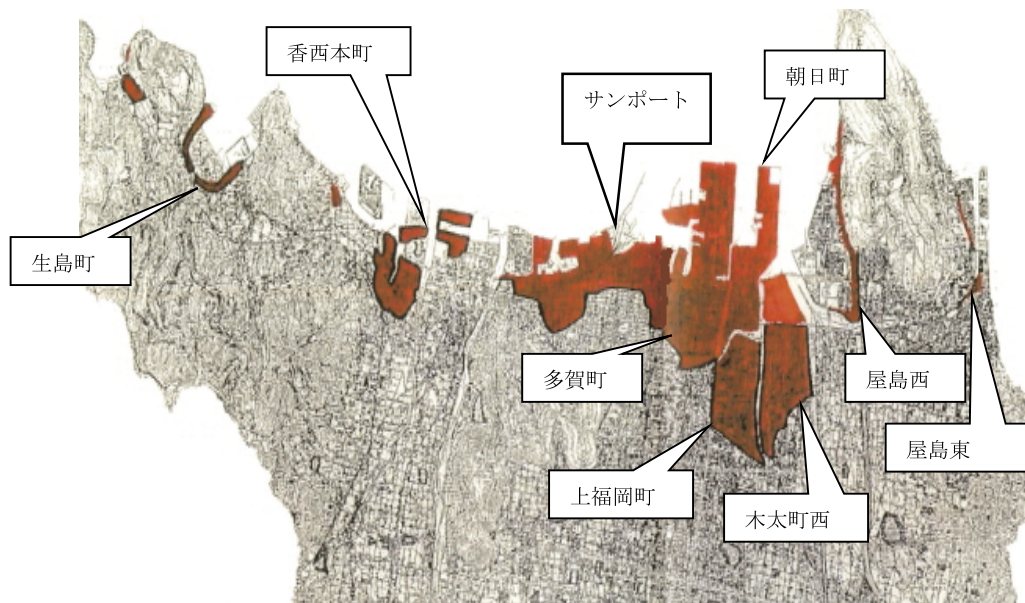


図1.2 浸水地域図¹⁾

1.2 浸水要因と観測潮位

1.2.1 浸水要因と考えられる要素

浸水の要因としては、下記に示すように、夏の大潮期の満潮と台風の接近が重なったことによるものと考えられる。台風接近による影響は、吹き寄せ効果と吸い上げ効果である。

(1) 夏の大潮期間

夏から秋にかけて日本各地では、潮位が一年間で一番高い状態にある。そして今回の台風0416号があったのは8月30日で、この日は大潮期にあたり、大潮期間の満潮時と台風接近が重なったために潮位が高くなったと考えられる。またここ最近5年間は、平均的な海面水位がこの100年間で最も高い状況にあり、潮位が高い状態にいたことと台風が接近したことで浸水にいたったと見られる。

(2) 吹き寄せ効果⁵⁾

台風に伴う強い風が沖から海岸に向かって長時間吹き続けると、海岸付近の海面の上昇が起こる。吹き寄せによる海面の上昇は風速の2乗に比例して高くなる。したがって風速が2倍になると、海面の高さは4倍になる。

(3) 吸い上げ効果⁵⁾

海面は常に空気の重さ（気圧）により上から押さえつけられているが、台風が接近すると、台風中心付近の気圧が低いため上から押さえつけられる力が周囲より小さくなり、その分海面が上昇する。台風が接近して気圧が低くなると海面が持ち上がる。これを「吸い上げ効果」といい、外洋では気圧が1hPa低いと海面は約1cm上昇すると言われている。例えば、それまで1,000hPaだったところへ中心気圧が950hPaの台風が来れば、台風の中心付近では海面は約50cm高くなる。

1.2.2 観測潮位

(1) 各地の最高潮位³⁾

今回の台風で、四国では既往最高潮位を記録した場所が多く、今回の台風による影響の大きさが伺える。香川県では、観測されている潮位だけでも、三本松、高松、坂出と既往最高潮位を記録した。高松では、港の利用面などから護岸の高さが低いところが多く、今回の高松での最高潮位TP+2.46mによって高松市沿岸の護岸のほとんどの場所からの浸水があったと考えられる。図1.3は最高潮位を地図上に表したものである。なお数字の赤色の部分は今回の台風で既往最高潮位を記録した場所である。

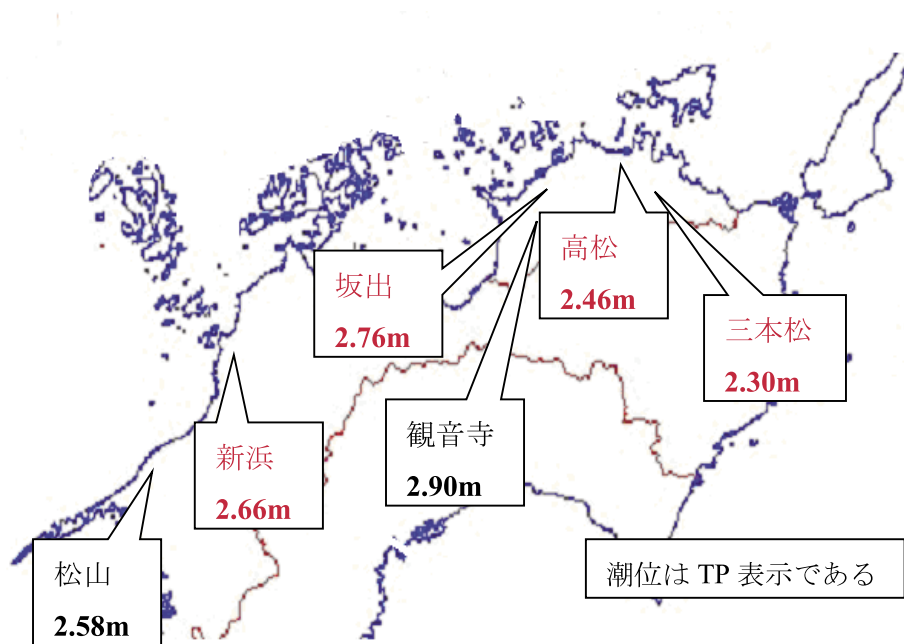


図1.3 四国各地の最高潮位

(2) 高松港の最高潮位

高松港の台風時の観測潮位と天文潮位を表1.2、1.3に示した。2004年8月30日0時～31日7時までの潮位表を表1.2に、そして台風時で浸水が起こったと思われる時間2004年8月30日18時～31日4時までの潮位表を表1.3に示した。表1.2では、30日17時から観測潮位と天文潮位との差が開いてきている。そして最高潮位TP+2.46mを記録した23時～0時にかけての時間の高潮偏差が最大となった。高潮偏差は1.3mを超えたとされ、TP+2.46mの潮位は予想を超えるものとなった。30日20:00頃から浸水は始まり、時間が経過するごとに浸水区域が広がっていき、31日0:00頃に浸水が最大になったといわれている。表1.3の観測潮位から見ると、30日20:00から潮位が高くなり、30日23:00時に最大になっており、潮位最大からわずかな時間を経て浸水の最大を迎えていることがわかる。

表1.2 潮位表

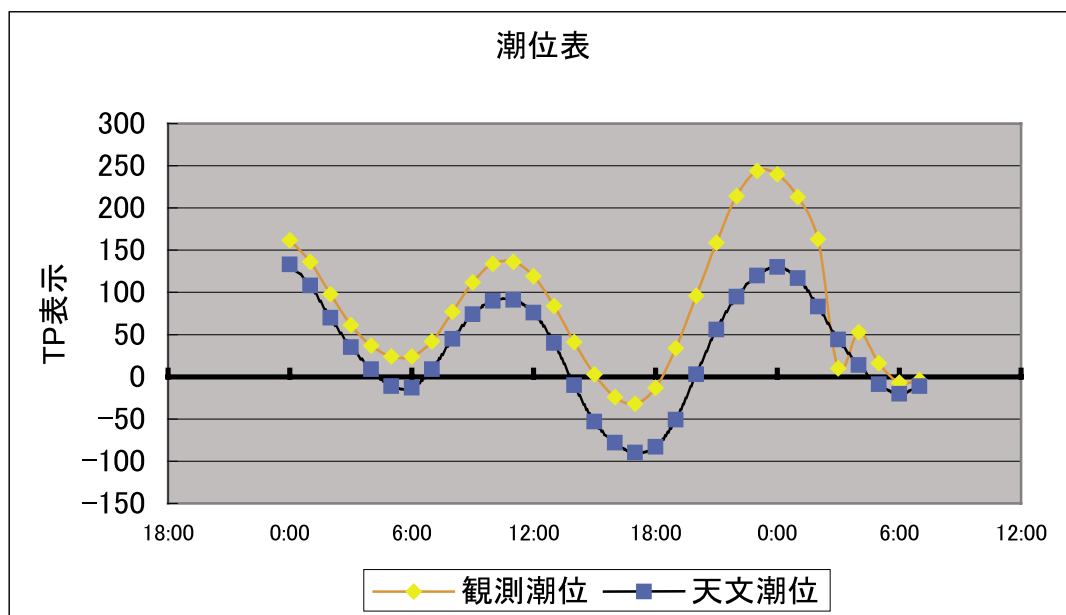
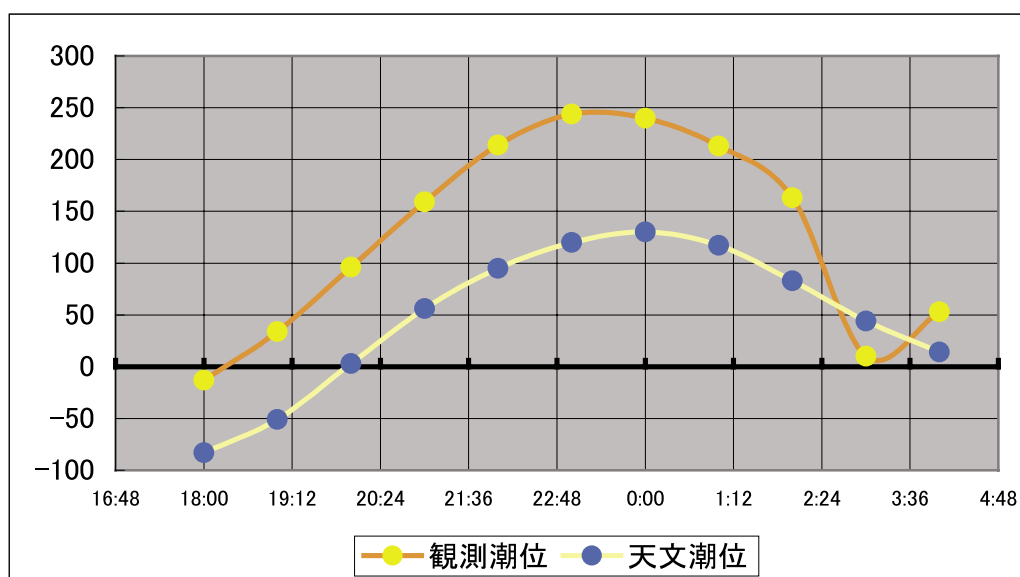


表1.3 浸水があったと思われる時刻の潮位表



2. 数値モデルによる高潮の推算⁵⁾

2.1 解析条件

2.1.1 前提条件

高潮の現象を把握するため、数値モデルによる解析を行った。計算に際しては、下記に示すような条件を仮定して行った。

- (1) 流れの駆動要因は潮汐、密度勾配、海上風である。
- (2) 本研究における流体は非圧縮性粘性流体として扱う。
- (3) f - 平面近似として、計算領域におけるコリオリ係数を一定にする。
- (4) 潮汐流のような長周期波の流れであり鉛直流がほとんどないため、鉛直方向には静水压近似を行う。すなわち、 Z 方向の運動方程式の圧力項が常に釣り合っているものとして考える。
- (5) 密度は、水温と塩素量の関係で表現されるとしてKnudsenの式を用いる。
- (6) 鉛直方向の層区分は図2.1に示されるように行い、各層で平均化された諸状態量（ベクトル量、スカラー量）を予測計算していく。

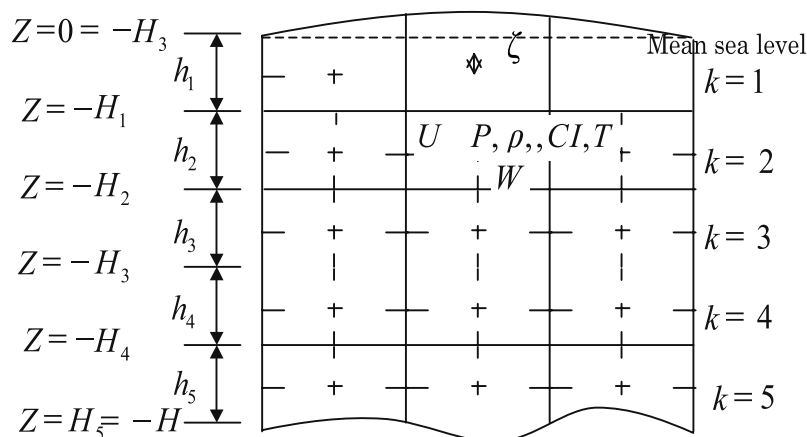


図2.1 三次元鉛直多層モデル

2.1.2 数値計算の範囲

対象海域における計算範囲は、図2.2に示す東西方向に17km、南北方向に9.036kmである。この領域を水平方向に250mずつに区切り、鉛直方向に1層2.5m、2層5m、3層10m、4層15m、5層20m、6層25m、7層35m、8層50m、9層70m、10層80mに区切って計算を行なう。この範囲は、台風0416号で浸水被害が大きかった高松市の範囲である。

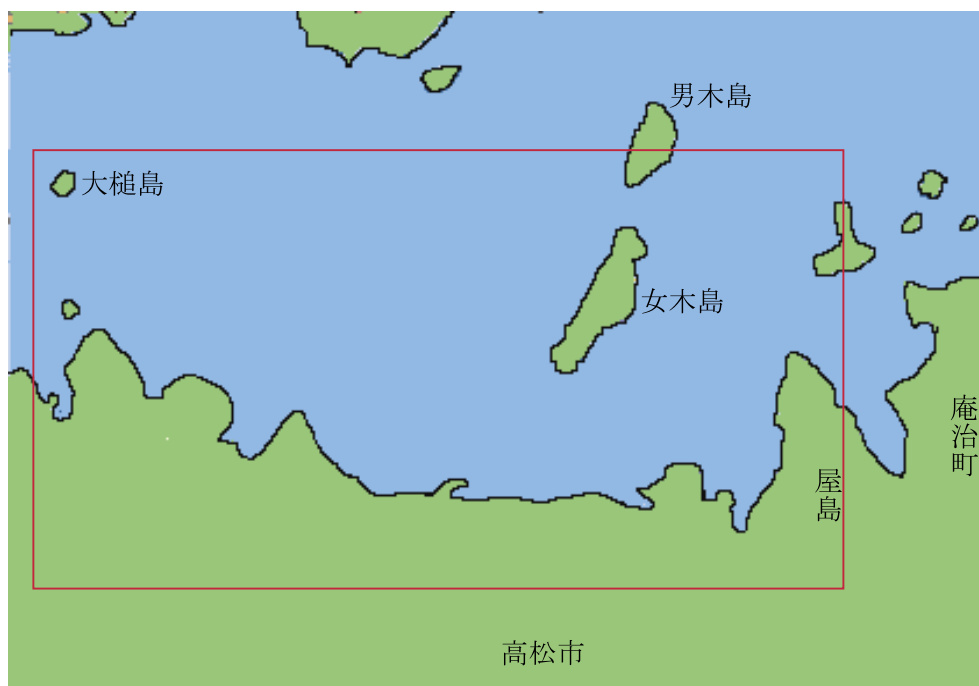


図2.2 計算領域

2.1.3 水深

計算領域の水深図は、図2.3に示す通りである。この海域は、遠洋部は深く、高松沿岸部近くになるほど水深が浅くなっていることがわかる。吹き寄せ効果は浅いところほど大きくなるので、高松市は吹き寄せ効果が起こりやすい地形と考えられる。

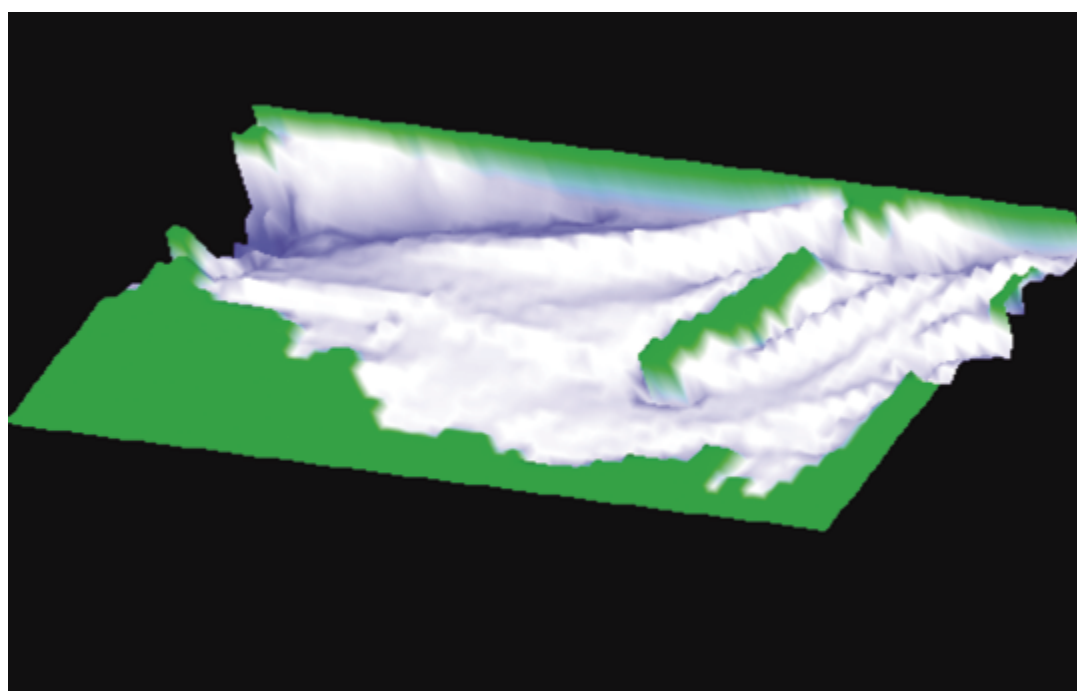


図2.3 高松近海の水深図

2.2 潮流解析結果

図2.4、図2.5、図2.6、図2.7に示した図は、潮流の「東方向流れが一番強い時で風がない場合」、「東方向流れが一番強い時で西からの風（26m/s）を与えた場合」、「西方向流れが一番強い時で風がない場合」、「西方向流れが一番強い時で西からの風（26m/s）を与えた場合」を示したものである。そして西風を与えた時の東流時の流れと西流時の流れを比較し、沿岸域における潮流の流況の変化を検討する。

風を与えていない場合は、東流最強時・西流最強時共に沖合いは流れが緩やかであり、女木島と高松沿岸の間の海域のように、海域が狭くなっている部分では流れが速くなっている傾向にある。このことにより、対象海域の潮流計算手法の妥当性が検証された。

（１） 東流最強時の流れ

女木島と高松市の間の海域で流速は速くなっている。逆に沖合いでは、流速は緩やかである。西風（26m/s）を与えた図2.5では、風と潮の流れが互いに重なり合って流れを速くしていることがわかる。沖合いでは緩やかであった流れも、風を与えたことにより150cm/sを超える流速値となり、高松市近海では200cm/sを超える流速値となっている。

（２） 西流最強時の流れ

こちらも東流最強時と同じように、海域が狭くなっている部分は速く、沖合いは穏やかな流れである。

西風（26m/s）を与えた時は、東からの潮の流れと西からの風が互いにおつかり合って流れを消しているのがわかる。沖合いでは、流れが風に押し戻されてかなりの速さで東方向に流れているが、高松市近海の海域は、潮の流れが速かった分、互いのおつかりが大きく潮の流れを打ち消している。

（３） 台風時の潮流と風

台風時で浸水があった時の潮流は、東から西に流れていた。そして風は西から東に流れており、図2.7の場面と同じである。風と潮流が互いにおつかりあって流れを打ち消している。図2.7から見てわかるように、おつかりが大きい高松市近海では、東西に流れが逃げる場所をなくして南北に逃げることにしか出来なくなっている。これは、吹き上げ効果に加えて、低平地の広がる高松市街地への浸水を増長する原因になったものと考えられる。

西からの風（26m/s）を与えた場合、東流最強時では流れは陸の方に向いていないので、岡山、香川などの陸に向かってくるのではなく、陸を反れるような形で流れていく。西流最強時では、流れは南北に向いているので、岡山、香川の低平地に勢いよく向かってくる恐れがある。よって西風が吹く場合で、今回の台風の浸水時のように潮流が東から西に流れる場合は、潮位の上昇に繋がり、高松市街地などの低平地への危険性が上がるものと考えられる。

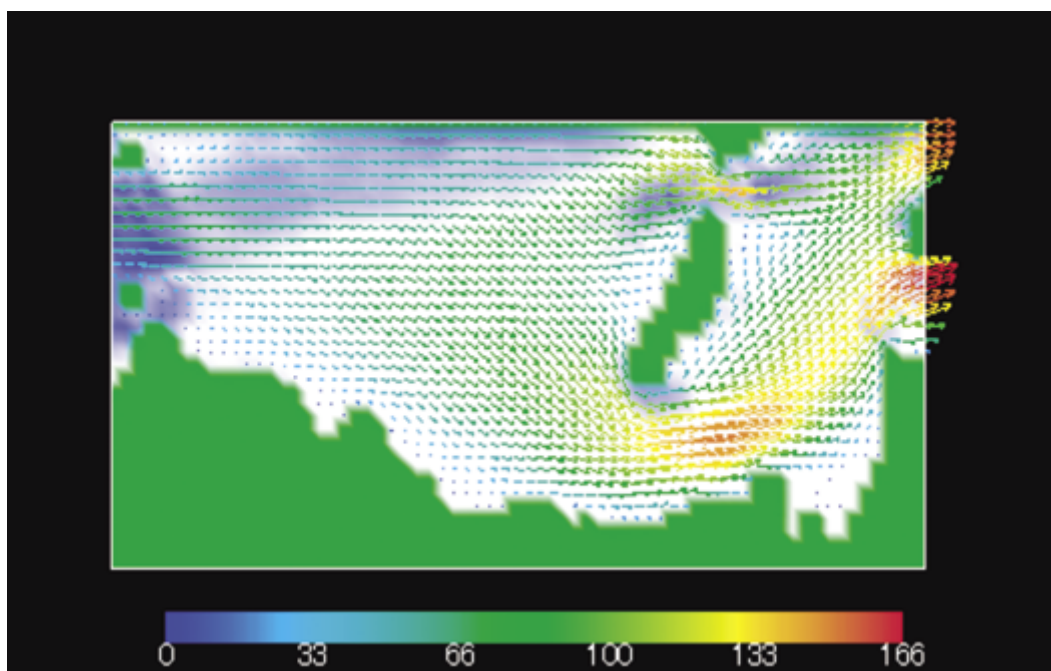


図2.4 東流最強時（風なし）(cm/s)

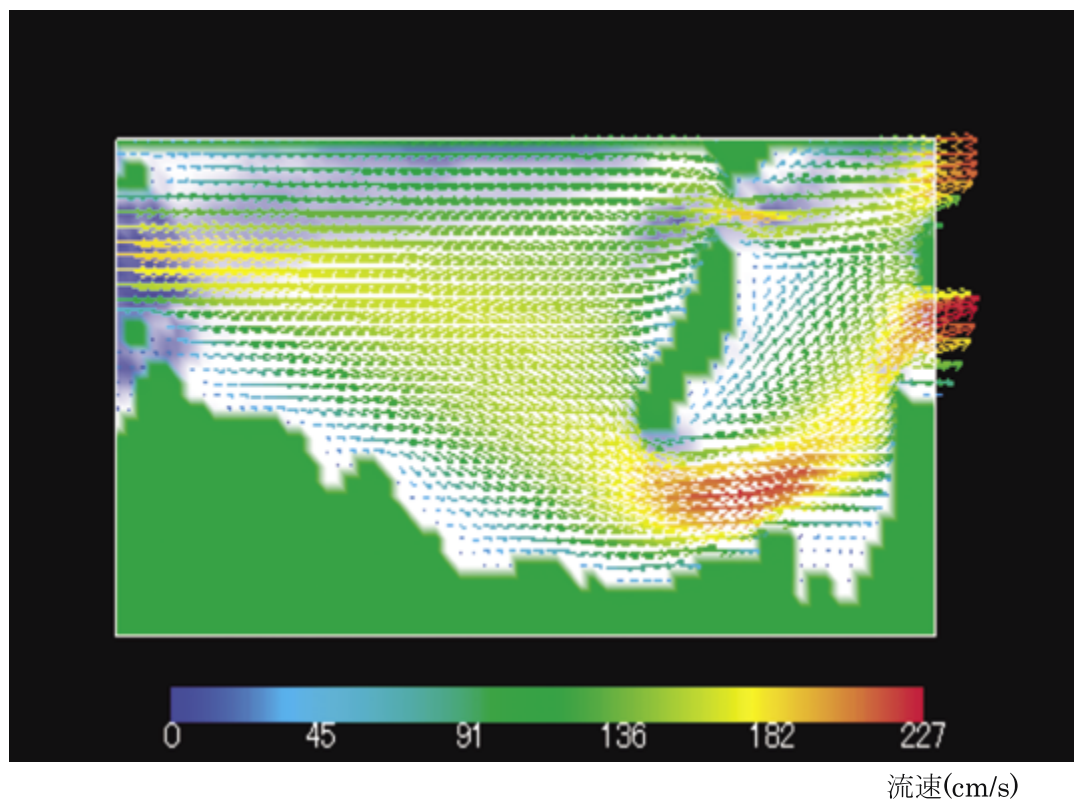


図2.5 東流最強時（西風（26m/s））

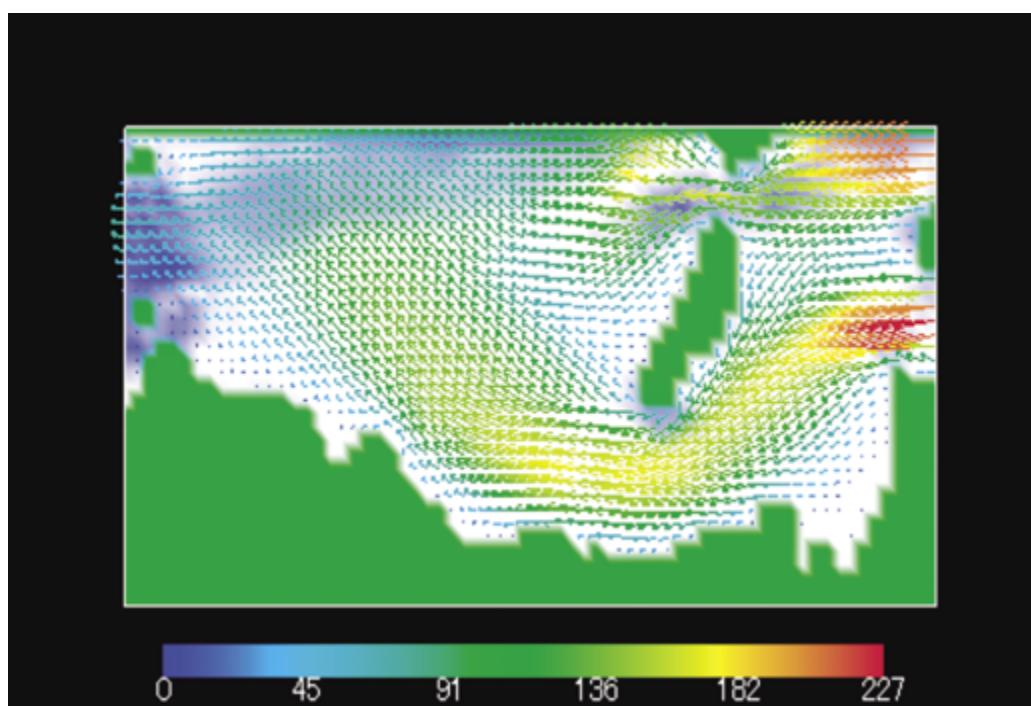


図2.6 西流最強時（風なし）（cm/s）

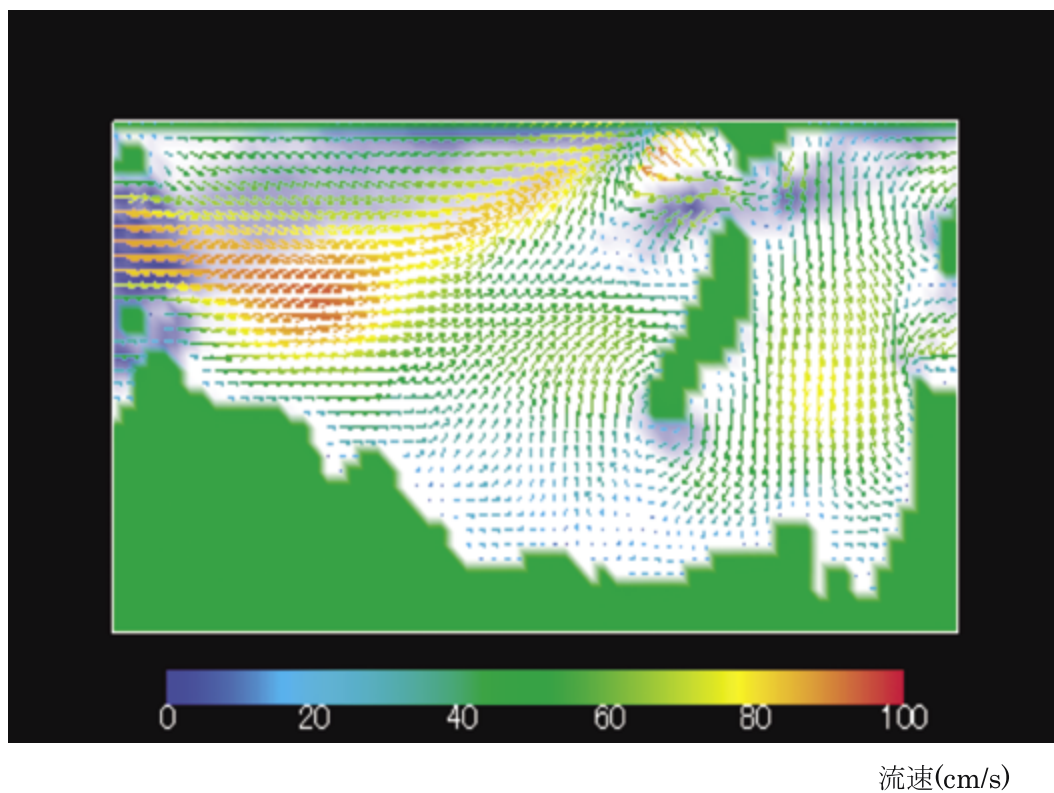


図2.7 西流最強時（西風（26m/s））

2.3 潮位解析結果

図2.8、図2.9、図2.10、図2.11は、干潮時、満潮時の潮位で、それぞれ「干潮時で風がない場合」、「干潮時で西風（26m/s）を与えた場合」、「満潮時で風がない場合」、「満潮時で西風（26m/s）を与えた場合」を示したものである。地域的潮位は、女木島を境に西側と東側で潮位が違っていることが特徴的といえる。干潮の時、女木島より西側は東側より潮位が低くなっており、満潮の時、西側は東側より潮位が高くなっていることがいえる。このことにより、潮位変動は、女木島を境に西側は変動が高く、東側は変動が低いという結果になっている。西からの風（26m/s）を与えたときの変化は、図2.10「満潮時の風なし」と図2.11「満潮時西風（26m/s）」より、高松港沿岸部の「風なし」ではオレンジ色をしているところが「風あり」では少し赤みがかかっている。屋島付近の海域でも風を与えた時は、「風なし」の時よりも全体的に赤見がかかっていることが判る。屋島沿岸部などは、「風なし」の時は黄色なのに、「風あり」の時は赤色部分が増加している。これにより「風を与えた場合」は潮位が高くなることが数値計算から推察された。図2.12は、高松港付近の風を与えない場合と風を与えた場合の時間的潮位変化について、実測地と計算値を比較したものである。潮位変化は10時間後以降に見られているが、風のみを与えた場合と与えない場合の変化の差は大きくない。台風接近に伴う気圧変化については、気圧が ΔP (hPa) 降下すると、その付近の海域は周囲の気圧の降下していない海域との気圧差によって水面が上昇させられる。今回の台風0416号接近時を見てみると、気圧は1004.3 (hpa) から976.9 (hpa) に下がっているので、海面の上昇量 ζ s は27.126 (cm) と見積もることができる。また、高松市沿岸の港の形状に着目すると、U型やV型の半閉鎖性の強いものが多く、海から浸入してきた海水は、横方向に逃げ場を無くした状態に陥り易く、余計に陸側(高松平野)の奥方向にまで運ばれてしまうものと考えられる。計算に気圧の変化を考慮した場合でも、実測値と計算値は8時間後までは良好な一致を示しているものの、その後は約70cm程度の差が生じており、今回の台風0416号による異常潮位を再現しきれていない。

今後の課題としては、風の影響や気圧変化に加え、高松港を含む香川県沿岸について、海底勾配に代表される海底地形に関する詳細な調査を実施し、「吹き寄せ」の影響を数値モデルに適用する必要がある。

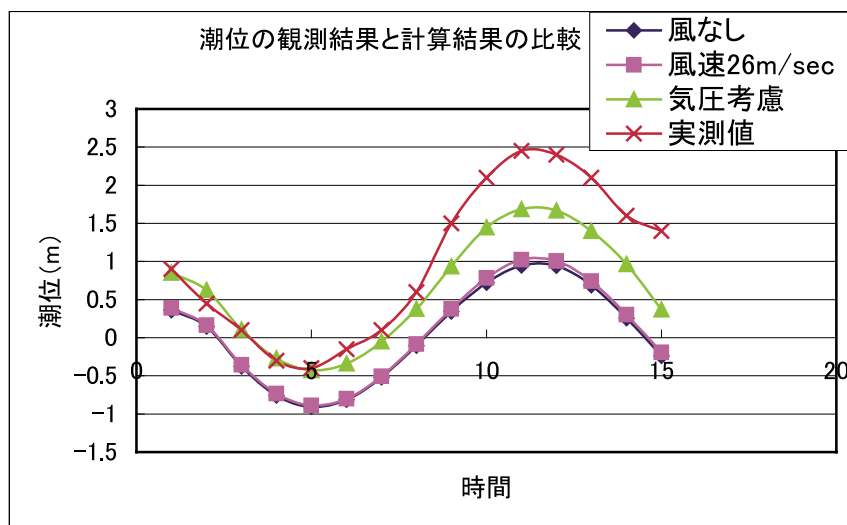


図2.12 潮位の観測結果と計算結果の比較

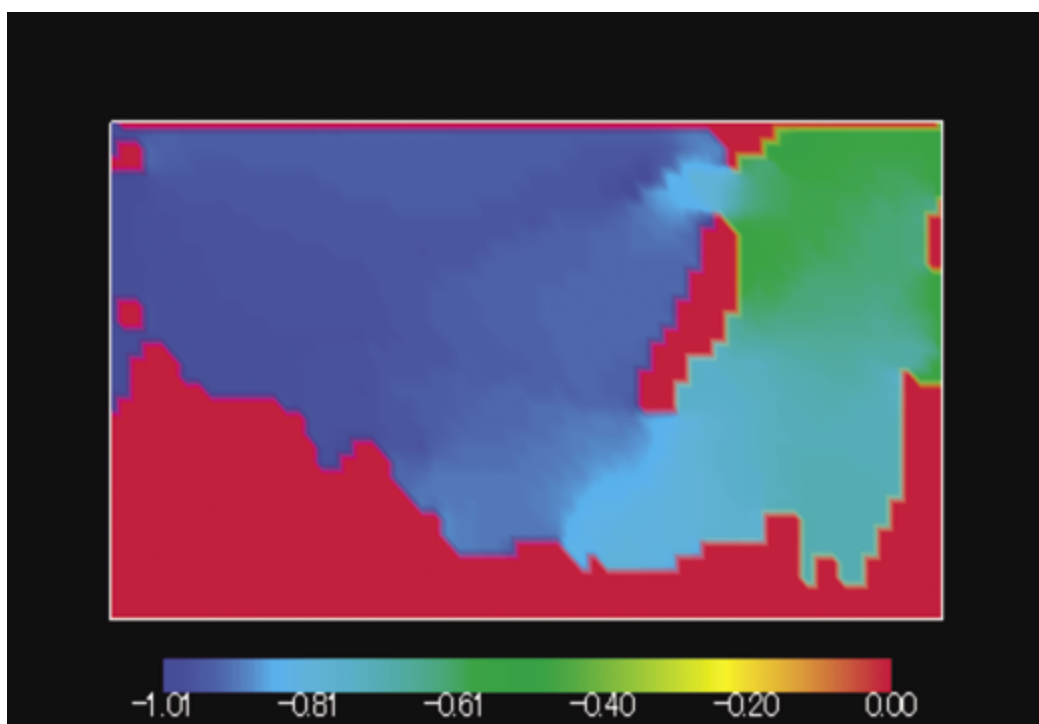


図2.8 干潮（風なし）単位cm

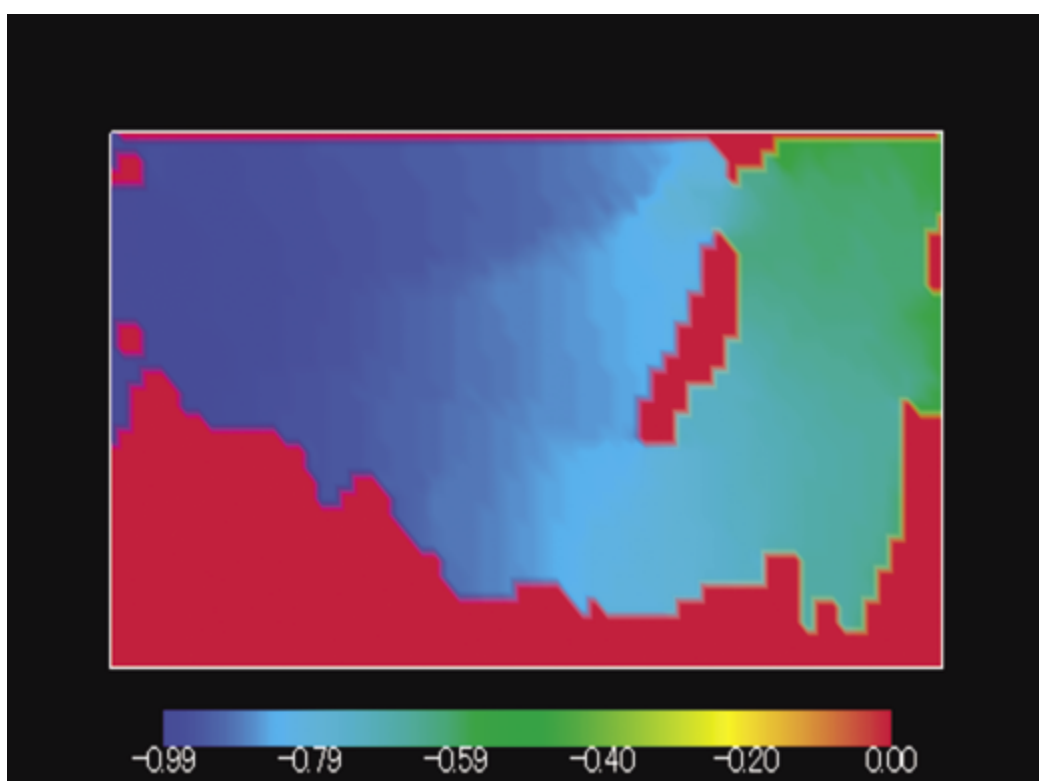


図2.9 干潮（西風（26m/s））単位cm

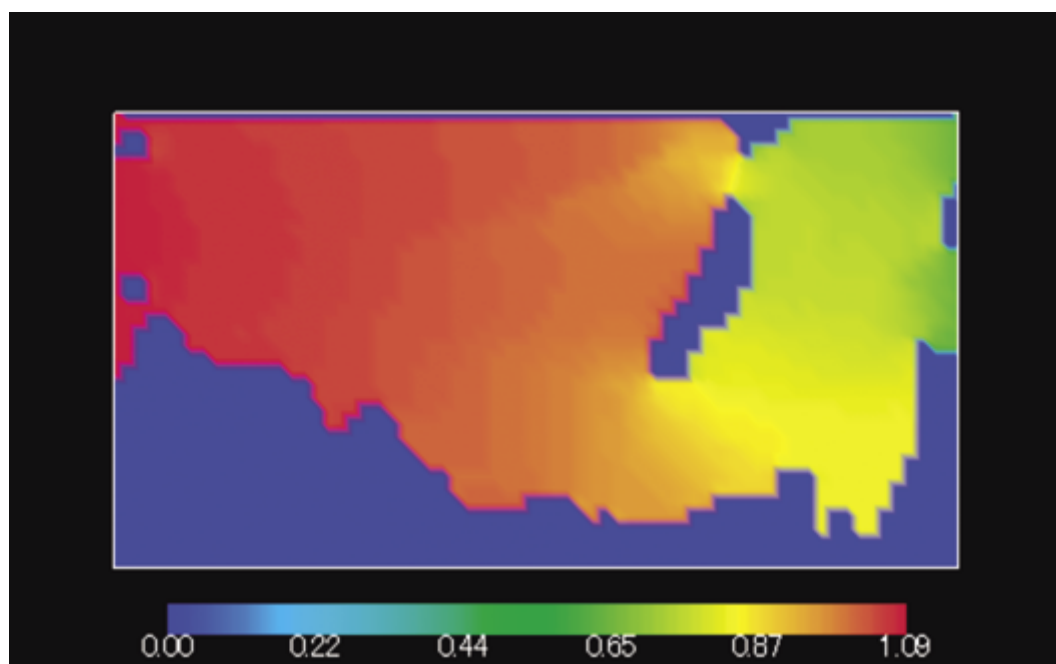


図2.10 満潮（風なし）単位cm

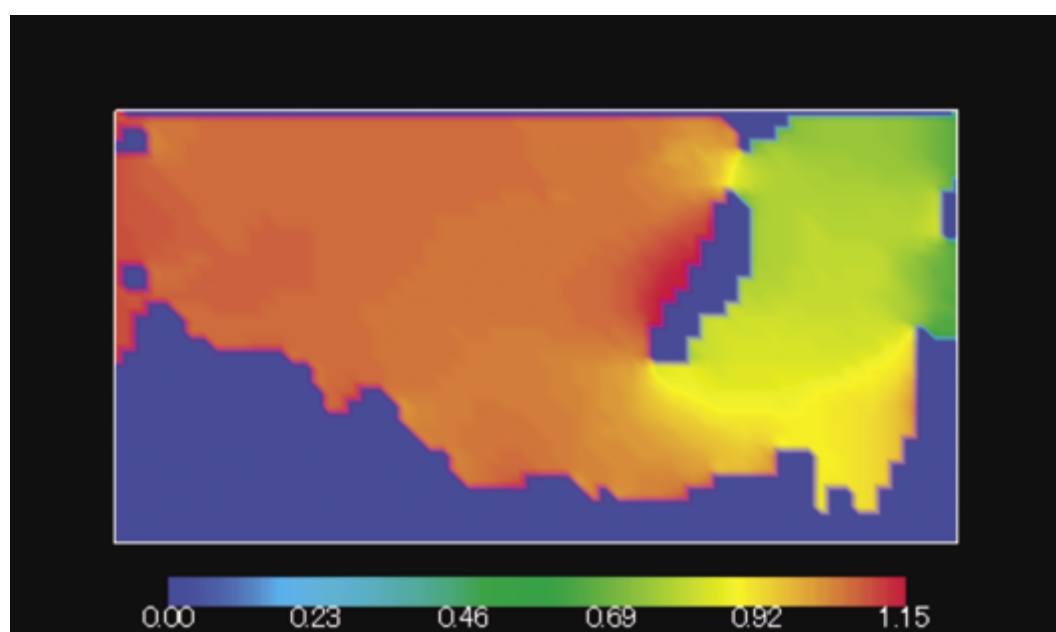


図2.11 満潮（西風 (26m/s)) 単位cm

3. 護岸高さに関する調査

3.1 測量方法

3.1.1 VRS-RTK-GPS

VRS (Virtual Reference Station) は仮想基準点方式と呼ばれ、複数の電子基準点の観測データから、測量現場のごく近傍にあたかも基準点があるかのような状態を作り出す技術である。RTK-GPS受信機一台で、リアルタイムに高精度な測量を行うことができる。

電子基準点は国土地理院より提供されており、この情報を利用することにより測量データの誤差を補正し、高精度な位置情報を取得できる最新のシステムとなっている。

測量に際しては、現在の位置を計測しこれをVRS制御センターへ携帯電話を通じて送信する。

VRS制御センターでは、これに基づいて測量者の近くに目に見えない「仮想基準点」を設置する。「仮想基準点」が設定された後は、GPS移動局として単独で計測を行っていくことができる。

・精度

水平 $\pm$ (10mm + 2 ppm $\times$ 基線長)

垂直 $\pm$ (20mm + 2 ppm $\times$ 基線長)

・システムの特徴

全国に約1,224点の電子基準点があり、観測地点の単独測位値をVRS制御センターに送信すると、観測点の近くにある電子基準点が3点自動的に選ばれ、同時に仮想基準点が設定される。その基準局を用いて観測点のRTK測量を行うものである。

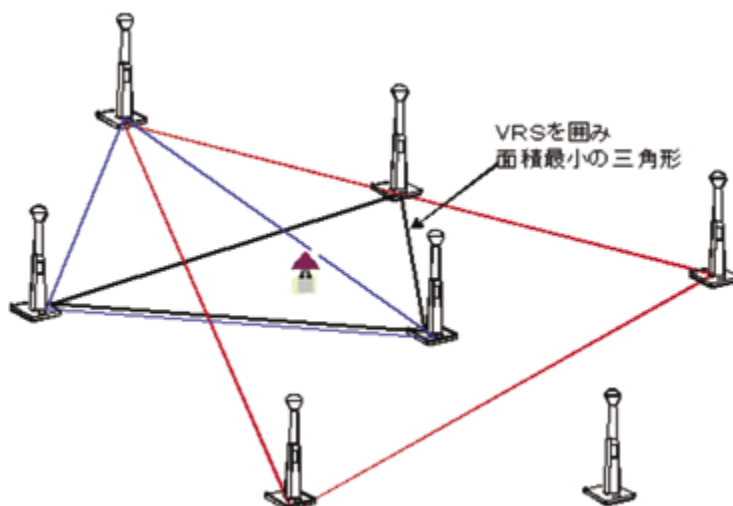


図3.1 VRS観測データの生成

3.1.2 測量方法

測量者は測量したい現場に行き、GPSの単独測位で自分の現在位置を測位し、携帯電話を通じて、VRS制御センターへ送信する。制御センターでは、常時、国土地理院基準点から送られてくるデータを解析する。そして、測量者から送信されてきた測位情報に基づいて、その近傍に仮想電子基準点を設定し、誤差を消去した補正データを配信する。この「仮想基準点」と移動局間でRTK測量を行うことにより、精度の高いリアルタイムな測量が実現する。

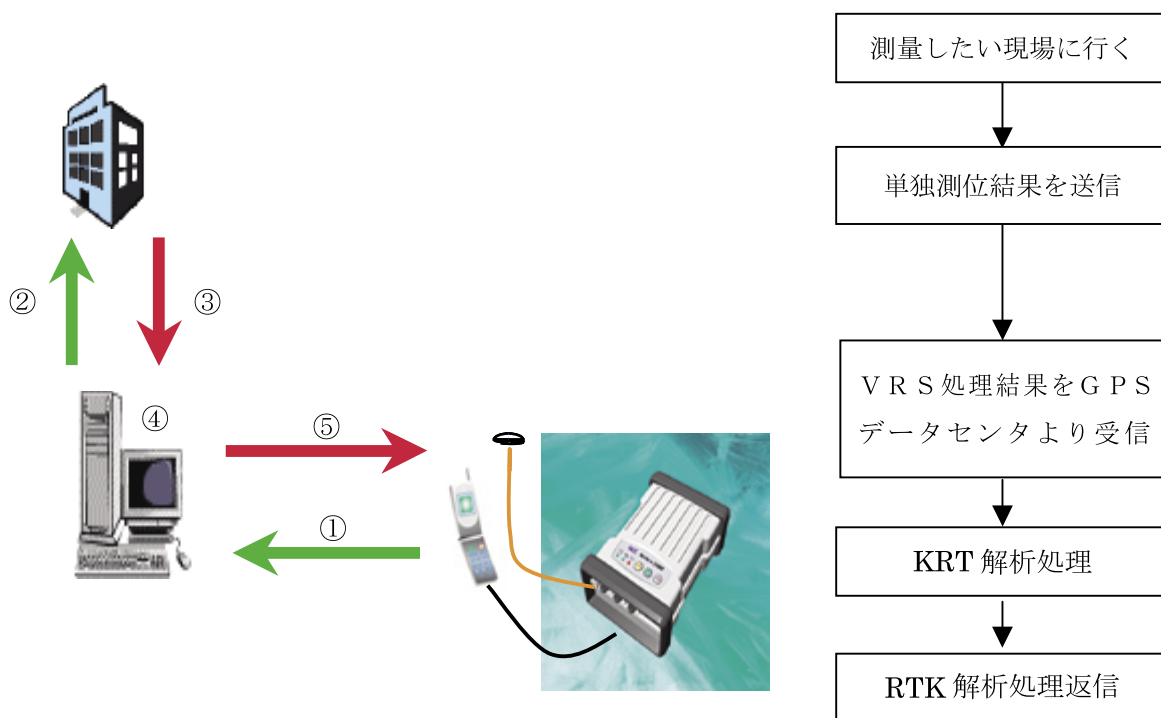
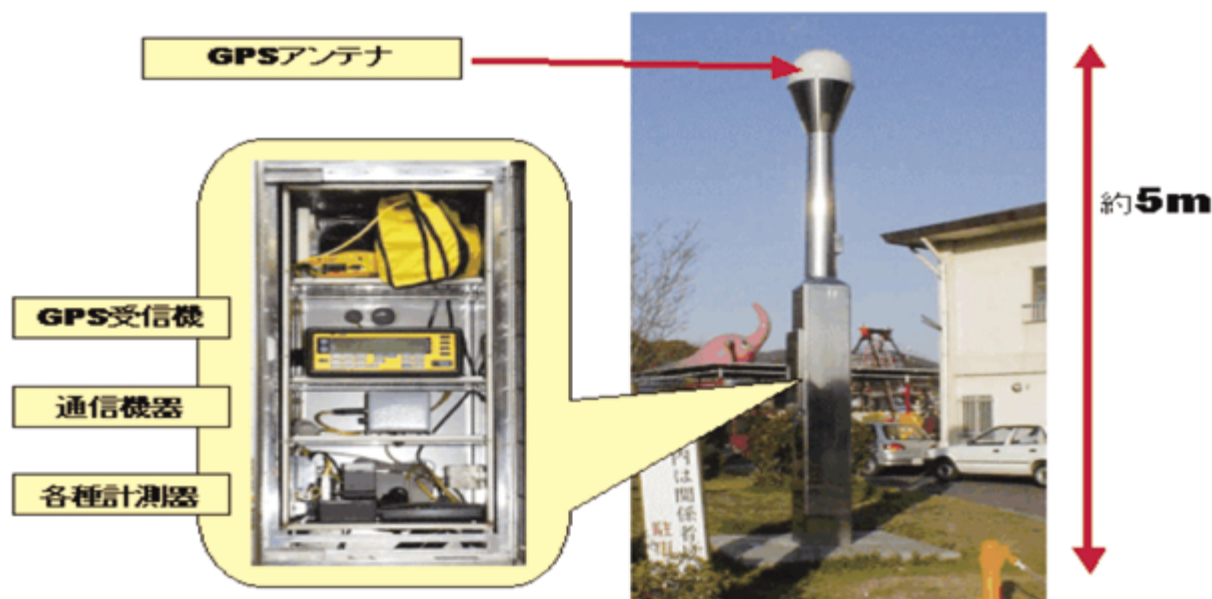


図3.2 電子基準点とVRS-RTK-GPS測量方法

3.2 測量調査結果

GPSにより、高松市沿岸における護岸高さの測量調査を実施した。護岸の高さの測量調査は、屋島西団地、朝日町、四国フェリー乗り場周辺、サンポート周辺、浜ノ町周辺、瀬戸内町、新北町で行った。図3.3は高松市全体の護岸高さを表したものである。青色は、浸水域を示す。

また、高さごとに色分けし、分類はTP+2 m以下、TP+2 m～2.25m、TP+2.25m～2.46m、TP+2.47m～3 m、TP+3 m～3.5m、TP+3.5m～4 m、TP+4 m以上としている。色分けの色は、図に示すように、極めて濃い赤色、濃い赤色、赤色、薄い赤色、オレンジ色、肌色、黄色と、護岸が低いほど色が濃い色になっている。



図3.3 高松市沿岸の護岸高さ

	TP+2m 以下		TP+2.47m～3m
	TP+2m～2.24m		TP+3m～3.5m
	TP+2.25m～2.46m		TP+3.5m～4m
 浸水域			TP+4m 以上

3.2.1 屋島西団地

(1) 屋島西団地（西側）

屋島西団地では、西側の護岸は、全部の護岸が今回の潮位より高いことがわかる。⑩の部分では約TP+2.8m、⑨の部分は約TP+3.1m～3.4mと北に行くほど高くなっている。⑧の部分は約TP+3.5m、⑦の部分は約TP+4.0m、⑥の部分は約TP+3.6mとなっている。よって今回の潮位TP+2.46mを全て満たしているため西側の浸水はなかった。

(2) 屋島西団地（東側）

屋島団地の東側では川が流れており、浸水があったのはこの川からの浸水であつただろうと予測できる。東側の護岸高さは、③の部分以外はTP+2.46mより低くなっている。高さはTP+2.1～2.4mが多くあり、ここからの浸水があった。浸水域を見ても屋島団地東側部分だけが浸水していることがわかる。

(3) 全体

全体から見て西側はきっちりと整備もされており、高さも十分であった。東側は、高さは低くなっているものの、海はなく川が流れているだけなので、浸水は少ないものとなっている。



図3.4 屋島西団地護岸高さ

3.2.2 朝日町

(1) 朝日町東地区

ここでは、東側①、②の箇所から、北側では④の箇所からの浸水があったと考えられる。②は高さTP+2.1~2.2mの間の高さとなっており、①、④では、TP+1.8~1.9mとなっておりかなり低くなっている。西地区では、北のあたりは護岸高さがTP+3.5mなど、今回の台風の潮位より高いところはあるものの、④の部分からの浸水で北の部分の全域に浸水が及んでしまったものと考えられる。

(2) 朝日町西地区

浸水があった場所は、⑨、⑪、⑮、⑱、⑲と考えられる。⑨の箇所は、TP+1.7~1.8mとなっており、開口部であるため低くなっていることは分かるが、かなりの低さである。⑪も約TP+1.8mで、かなり低い値となっている。⑫、⑬、⑭はTP+2.5~2.6mとなっており、今回は浸水はなかったものと思われる。しかし、浸水図をみるとこの箇所も浸水に至っているので、周りから浸水したか、あるいは風などの勢いで護岸を越えて入ってきたのかもしれない。⑮は約2.0mとなっている。⑯などは護岸が高くなり、3.1~3.2mの高さとなっている。⑲、⑳などの箇所は2.0m前後であり、低くなっている。

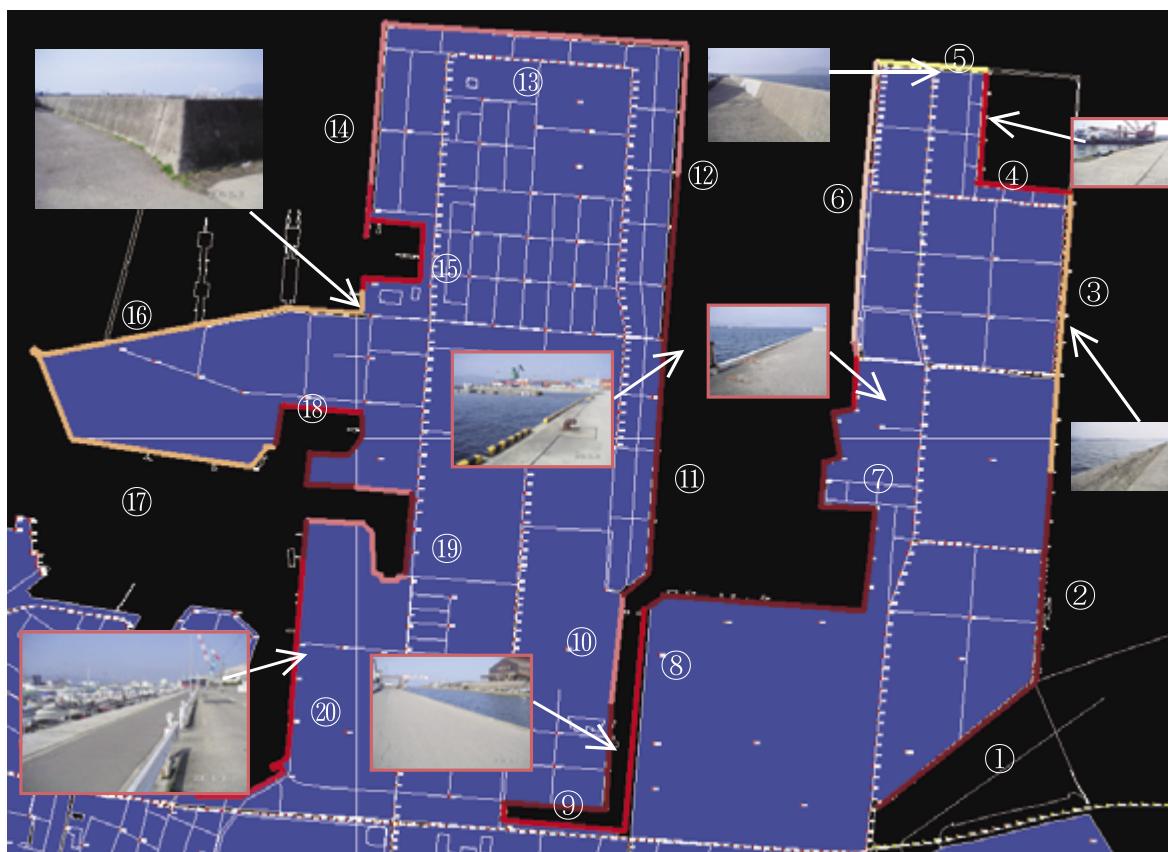


図3.5 朝日町護岸高さ

3.2.3 フェリー乗り場周辺

(1) 城東町

TP+2.46mを全域で下回り、全部の箇所からの浸水があったと考えられる。

(2) フェリー乗り場周辺

この場所は港ということで、護岸高さはかなり低い値となっている。⑤、⑥、⑦、⑪などの道路沿いの部分では、ほとんどの部分でTP+2.46mを下回っている。⑦、⑪などでは、1.7～1.8mの値であり、かなり低いものとなっていることが分かった。フェリー乗り場では、TP+1.8、TP+1.9mなどが多く、70、80cmを超えて海水が流れてきたものと考えられる。

(3) 全体

フェリー乗り場周辺は、高松市の護岸全体から見てもかなり低い値となっていると思われる。ほとんどの場所でTP+1.8～2.0mの値を記録しており、かなりの危険箇所だと思われる。しかし、港の機能上があるので、高くすることについては難しい状況があるかもしれない。



図3.6 フェリー乗り場周辺護岸高さ

3.2.4 サンポート周辺

(1) サンポート北側

②～⑦の場所では、低い場所でもTP+2.5mはあり、浸水はなかったものと考えられる。②～⑥の箇所では、TP+2.5～2.6mの高さが多く、護岸高さとしては十分な値であると思われる。⑦では約TP+3.2m、⑧では約TP+3.8mと高くなっている。

(2) サンポート西側、東側

①の部分ではTP+2.35mが多く、TP+2.46mよりやや低くなっている。⑧の部分では、TP+2.2～2.4mとなっておりこの箇所もTP+2.46mよりやや低くなっている。①の場合は、地盤がかなり高くなっており、多少の潮は乗り越えたかもしれないが、中までは入っていないと思われる。⑧の部分は中の地盤も低くなっているため、浸水があったと見られる。

(3) 全体

サンポート周辺では浸水被害がなかったとされており、高松中心部で唯一浸水被害がなかった地域の一つと思われる。①などの場所からの浸水があったと考えられるが、サンポート高松は全体が高いため、①からの浸水は途中で押し戻されたりして南に流れていったと考えられる。

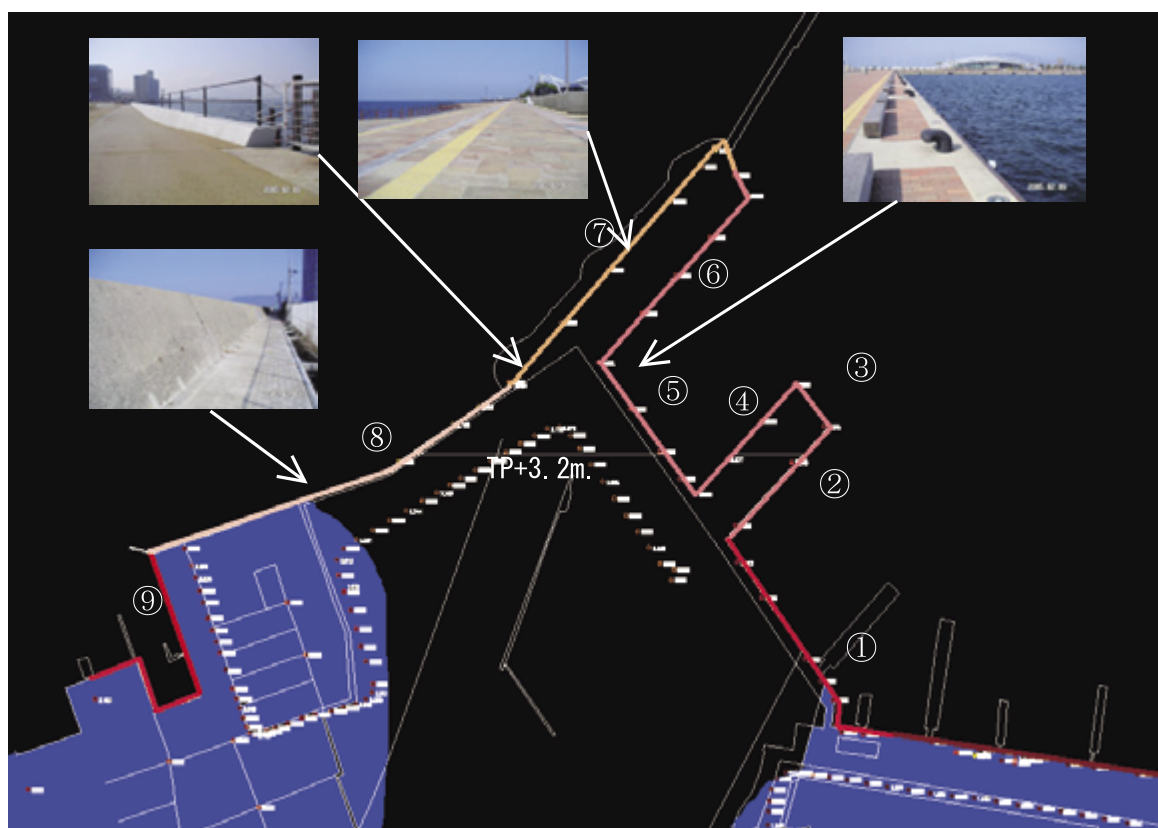


図3.7 サンポート周辺護岸高さ

3.2.5 浜ノ町周辺

(1) 浜ノ町（東、北）

①、②、③、⑥からの浸水があったと考えられる。①、②では約TP+2.3m、③ではTP+1.9～2.0mと低くなっている。また、⑥では人が出入りするため護岸の開口部があり、そこからの浸水があったと考えられる。④、⑤、⑦は護岸が高くなっており、浸水はなかったものと考えられる。④では、TP+2.5～2.6m、⑤ではTP+2.9～3.0mとなっている。⑦はかなりの高さがあり、約TP+3.8mとなっている。

(2) 浜ノ町（西、南）

⑦の場所は、護岸高さTP+3.8mと高くなっており、浸水を防ぐには十分な高さである。

⑧、⑨、⑩、⑪などの高松漁港がある場所では、一段と低くなっており、多くの浸水はこの場所からあったものと思われる。⑧、⑨は約TP+2.1m、⑩では約TP+1.9mとなっている。

(3) 全体

高松漁港がある⑧、⑨、⑩、⑪は、護岸は低くなっている。この場所の護岸は、道路と同じ高さになっているため高さは低くなっている。この場所からの浸水が大きいと思われる。地盤も2.0～2.2mくらいで全体が浸水を受けている。⑩、⑪も高松漁港に隣接するため、護岸は低くなっている。この場所の護岸は道路と同じ高さになっており、高さは低くなっている。従って、この場所からの浸水が大きいと思われる。地盤も2.0～2.2mくらいで、全体が浸水している。

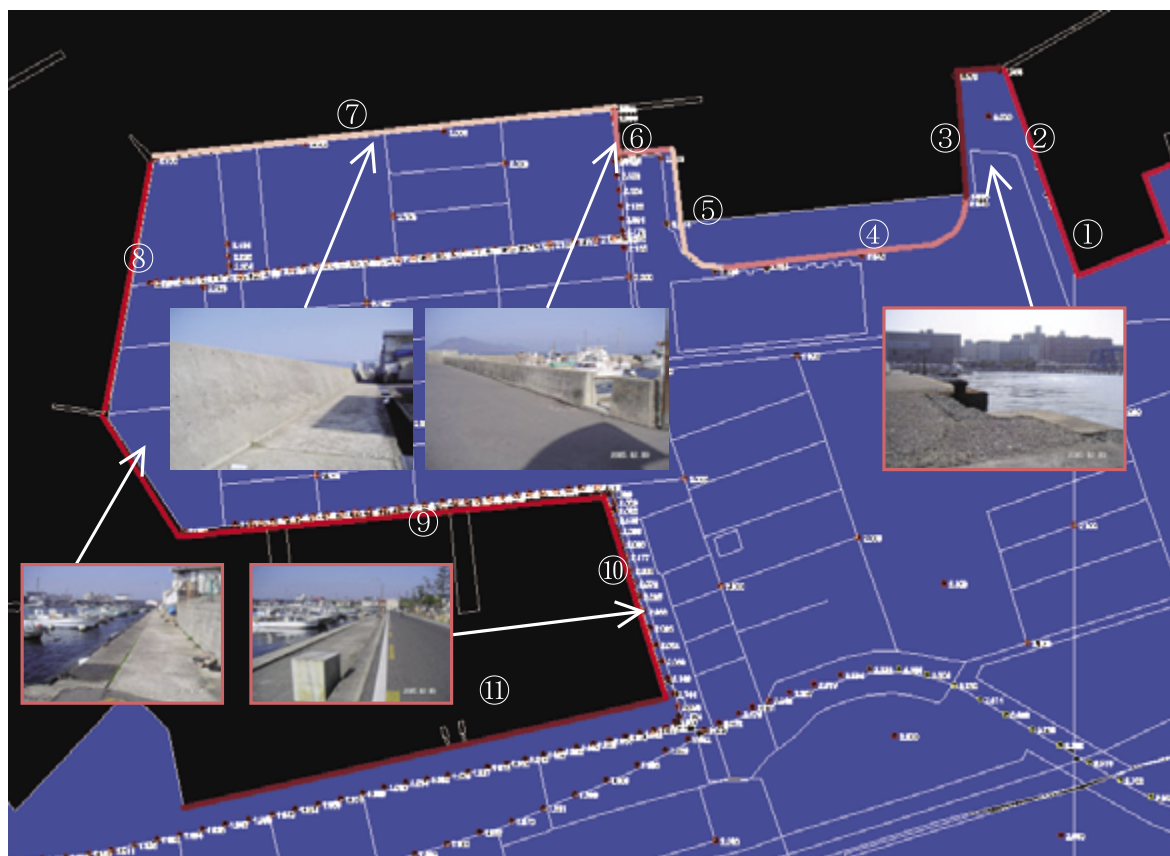


図3.8 浜ノ町周辺護岸高さ

3.2.6 瀬戸内町

(1) 瀬戸内町（東側）

高松漁港がある①～⑧周辺の護岸はかなり低く、①～③は約TP+1.9m、④、⑤は約TP+2.0m、⑥～⑧はTP+1.9mとなっている。浸水のほとんどはここからの浸水であったと考えられる。⑨の場所は約TP+2.4mであるが、写真からわかるように、人の出入りする場所がありその高さは約TP+2.0mと低くなっている。またこの場所の護岸は不連続になっている。その高さの差は20cmあった。今回の台風0416号では潮位が高く、⑨の場所では護岸全域から浸水があったためこの影響は特にあったとは言えないが、今後TP+2mほどの高潮が来た場合には、注意が必要である。

(2) 瀬戸内町（北側、西側）

⑩、⑪はTP+3.6～3.8mと十分な高さはある。北側からの浸水は考えられない。

⑫はTP+3.7m、⑬はTP+2.6mとこの場所も浸水の危険は少ない。

(3) 全体

瀬戸内町では、高松漁港以外の場所は比較的高く整備されている。高松漁港のある場所では、高松港同様TP+2m未満の高さとなっており、危険であると思われる。

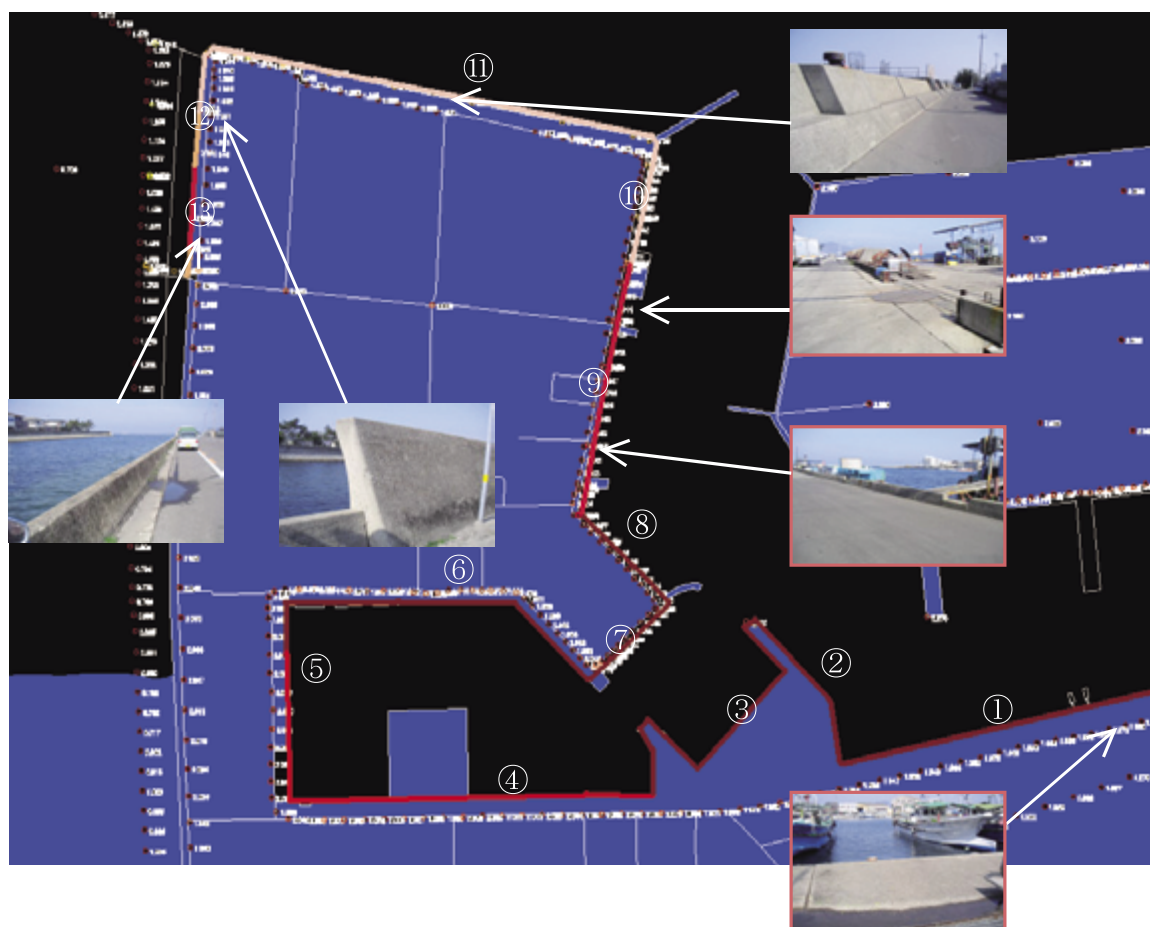


図3.9 瀬戸内町護岸高さ

3.2.7 新北町

(1) 新北町（東側、北側）

この地域では、他の場所よりも高く整備されていることが分かる。①では約TP+4.5m、②ではTP+4.1~4.2mとなっている。

(2) 新北町（西側）

この場所も全ての護岸でTP+2.46mより高い値となっている。③では約TP+4.3m、④は約TP+3.8m、⑤はTP+2.9m、⑥はTP+3.1mとなっている。

(3) 全体

この地区は、台風時も浸水していなかった地域である。このことは、護岸高さを見ても明らかである。全ての護岸場所で浸水はなかった。この場所は、他の地域に比べて一番安全な地域と思われる。

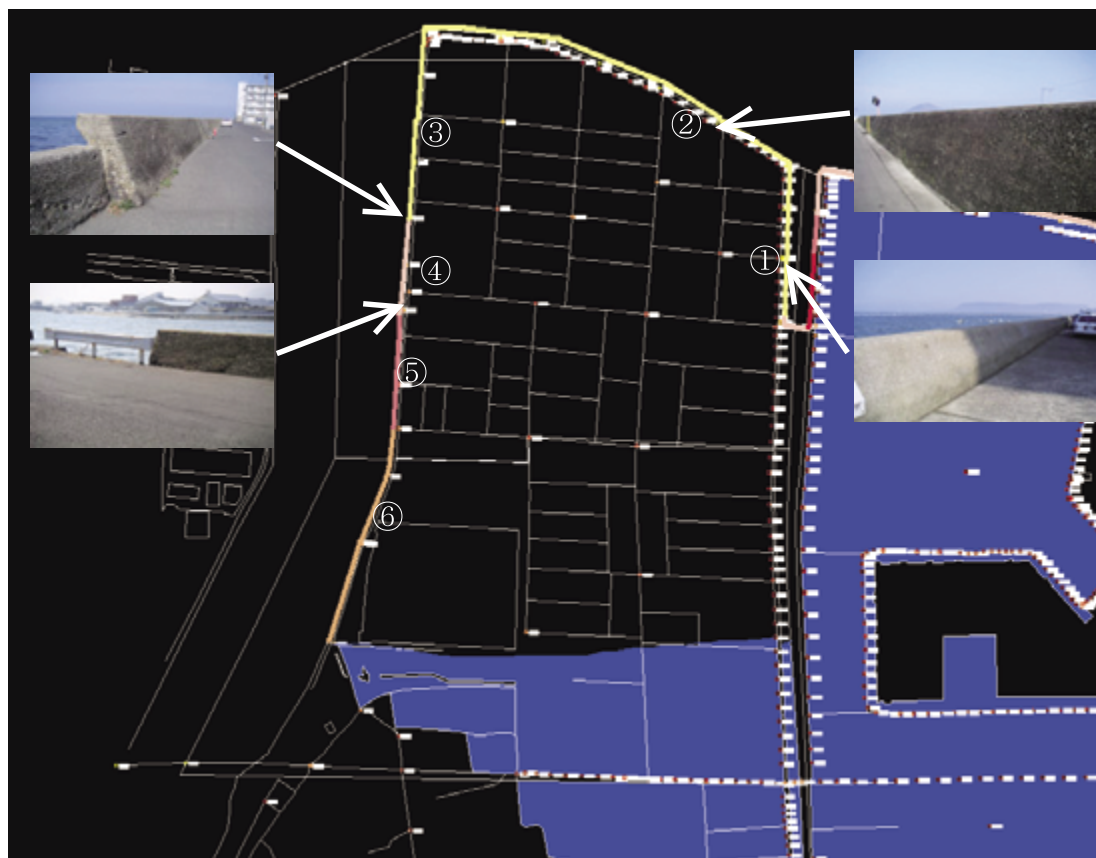


図3.10 新北町護岸高さ