

Appendix to Chapter 2

Appendix 2-1 TSDFII 29 の成果

Appendix 2-2 クラスタ一別復旧計画予算の目的

5つの柱と29の成果

第1の柱：経済機関

- 1.1: 包括的で持続可能なビジネスおよび社会的機会を開発および追求できる健全なマクロ経済環境を確保するための、より強力であり深く、より包括的な金融システムの開発によるマクロ経済管理と安定性の改善。
- 1.2: より包括的で持続可能で回復力のある経済成長に対する制約をより適切に特定して対処するために、王国全体の企業、消費者、およびその他のコミュニティグループとのより緊密で効果的な官民パートナーシップ。
- 1.3: 消費者の権利を保護し、環境に配慮しながら、ビジネスを可能にする環境を強化し、広範な投資と、より持続可能で包括的な雇用と利益を奨励。
- 1.4: 包括的で持続可能な開発と企業やコミュニティの成長をサポートしながら、政府の投資に対して適切な利益を生み出すために公営企業の業績を改善。
- 1.5: 貿易、雇用（短期および長期、より広い範囲のスキル分野）を含む海外での経済的機会へのより良いアクセスと、王国全体およびそれを超えて収入を得る機会の範囲を拡大するための外国投資。

第2の柱：社会制度

- 2.1: 社会のすべてのメンバーによるより大きな関与、より広い範囲のコミュニティ活動、社会やスポーツのイベント、健康的なライフスタイルおよび実行可能性を促進するグループの開発を促進するための社会組織および市民社会組織との協力と支援の改善より包括的かつ効果的な方法。
- 2.2: コミュニティにサービスを提供し、コミュニティ開発を支援する政府、教会、その他の利害関係者の間のより緊密なパートナーシップにより、より強力なコミュニティ、すべてのグループのより良い包摂、および人間開発の促進を支援。
- 2.3: トングアイデンティティの肯定的な側面を維持するのに役立つ、またそれらの変化を促進するのにも役立つ、より適切な社会的および文化的慣行、私たちの民主主義のさらなる発展と、より広い世界によってもたらされる機会と脅威とよりよく相互作用できるようにするためのより持続可能で包括的な制度
- 2.4: 教育と訓練の改善により、すべての人が学問的知識と職業的知識の両方を生涯学習できるようになり、地域社会、国内経済、海外での機会を積極的に活用できる。
- 2.5: トングで蔓延している病状に適切に対処し、回復を早め、痛みや苦しみを制限する、改善された全国的な医療システム。
- 2.6: 伝染性および非伝染性疾患に対処するための社会のすべての部分による、より強力で統合されたアプローチにより、これらの疾患の発生率と、コミュニティおよび経済にかかる負担を大幅に削減。
- 2.7: 大家族の縮小やその他の社会制度の変化にもかかわらず、高齢者、若者、障害者、および特別なニーズを持つその他の人々が引き続き支援および保護されることを保証する、脆弱な人々のためのより良いケアとサポート。
- 2.8: 王国内のトンガ人と移住トンガ人との協力が改善され、両方のグループの社会的および経済的な生活の質が向上する。

第3の柱：政治制度

- 3.1: 優先度の高いニーズに明確に焦点を当てた、より効率的で、効果的で、手頃な価格で、正直で透明性の高い公共サービス、政府の必要なアウトプットをすべての人々に提供。
- 3.2: より包摂的、公正かつ透明な方法で法と秩序の実施と執行を強化により、法律を破った者を効果的に処罰し更生させると同時に、政府からの恐れや恩恵を受けることなく、正当な日常業務に従事する人々。

- 3.3: あらゆるレベルでの行政とサービスの適切な分権化により、より広い市民との積極的、参加型、包括的関与のより良い範囲が提供され、都市部と農村部の両方で地方のニーズにより迅速かつ効率的に対処できるようになります。
- 3.4: 現代的で適切な憲法、法律、規制は、民主的なプロセスと政治制度の手続きの国際基準を反映し、包括的なアクセス、人権、より高い生活の質に必要な保護を提供する効率的で効果的な法的構造を提供します。平和的、建設的かつ効果的な方法で進歩的なトンガに必要な適切な機関の開発を支援するだけでなく。
- 3.5: 政府の枢密院、行政府、立法府、司法府の間の作業関係と調整が改善され、トンガのビジョンを支援するために効果的に協力する。
- 3.6: 開発パートナーとの協力と対話を改善し、開発パートナーの支援が私たちのニーズと一致し、さまざまな国際宣言と協定に定められた国際基準に沿っていることを確認します。
- 3.7: 他の政府や国際機関とのより良い関与を含む、太平洋およびその他の世界における政治的および防衛的関与の改善。他の国と私たちの国際的利益、安全、主権の一貫した進歩。

第 4 の柱: インフラストラクチャとテクノロジーのインプット

- 4.1: 再生可能エネルギーの使用の増加に向けた適切なエネルギー ミックスに基づいて構築された、より信頼性が高く、安全で、手頃な価格で、広く利用可能なエネルギー サービス。
- 4.2: 各島でより信頼性が高く、安全で手頃な価格の輸送サービスを提供し、島々を結び、海上および空路で王国と世界を結び、人と物の移動を改善します。
- 4.3: より信頼性が高く、安全で手頃な価格の情報通信技術 (ICT) が、より革新的で包括的な方法で使用され、王国全体の人々と世界中の人々を結びつけ、政府と企業による主要なサービスを提供し、コミュニティをより緊密に結び付けます。一緒。
- 4.4: 地域の状況をより考慮した、より信頼性が高く、安全で手頃な価格の建物やその他の構造物であり、建設、保守、運用コストの削減、災害に対する回復力の向上、提供されるサービスの質の向上、およびアクセスの増加の促進に役立ちます。
- 4.5: 改善された先見性に基づいて、優先度の高いニーズに焦点を当てた関連する研究開発の利用を改善し、技術的およびその他の制約を解決して、組織のより迅速な改善を促進し、リソースと環境をより適切に使用して進歩できるようにするより迅速に、将来のリスクに直面したときの回復力を高めます。

第 5 の柱: 天然資源と環境へのインプット

- 5.1: 土地利用の計画、管理、管理を改善し、より強力で適切な執行を行うことで、公共空間と私的空間のより良い提供を保証し、インフラストラクチャのより適切な配置を保証し、環境をより適切に保護し、リスクを制限します。伝統的な土地管理システムのより良い適用と調和して、コミュニティとビジネスの両方の安全条件を改善します。
- 5.2: ブームの後に不況と長期的な回復期間が続くのではなく、安定した長期的な利益の流れを維持するために、再生可能および再生不可能な天然資源の使用をより公平、包括的、持続可能かつ適切に管理する。
- 5.3: 改善された廃棄物管理、最小化、およびリサイクルに基づく、よりクリーンな環境と、家庭およびビジネス活動からの汚染の減少。これにより、居住者と訪問者にとってより安全で健康的で快適な環境が実現します。
- 5.4: 極端な自然現象による福利、成長、発展の潜在的な混乱と損害に対する国家および地域社会の回復力の向上、異常気象、気候、海洋事象を含む気候変動。気候変動に伴うこうした事象の増加の可能性に特に焦点を当てています。

Appendix 2-2

クラスター別復旧計画予算の目的

Recovery plan's budget by cluster

No.	Cluster	Cluster Lead	Objectives	Supporting Agencies	Allocated cost (TOP\$)	Requested Budget (TOP\$)
1	HNWASH	Ministry of Health	<ul style="list-style-type: none"> ● Provided effective leadership and oversight, for a coordinated and effective HNWASH response. ● Restore water, sanitation and hygiene services to affected communities, schools and health care facilities. ● Minimize negative impacts on human healthy by ensuring accessible healthcare services. ● Provided emergency medical assistance to affected areas of Tonga. ● Strengthen capacity to prevent, detect, investigate and respond to disease outbreaks and other public health events. ● Provided nutrition support to treat and prevent deterioration of nutritional status of people especially children, elderly people, pregnant and lactating women. ● Provide information on health, nutrition and WASH through developing and disseminating information, education and communication (IEC) materials through appropriate channels. 	TNYC/ CARITAS/ MEIDEC C- Environment/ MLSNR- Geology/ All cluster members and Development Partners	\$ 1.0 million	\$ 1,000,000
2	Emergency Shelter and Non-Food Items	NEMO (Emergency)	Provide emergency shelter and NFIs items (hygiene kit, shelter kit, solar lantern, collapsible water tanks, blankets, kitchen sets) to affected households	TRC/ TNYC/ CARITAS/ MORDI/ Development Partners	Under coordination & Logistic budget	Under coordination & Logistic budget
3	Shelter and Protection	MIA	<ul style="list-style-type: none"> ● Ensure that most vulnerability people affected by HTHH Volcanic eruption have 	Tonga Family Health, Civil	\$ 2.1 million	\$ 2,100,000

			<p>access to basic necessities and essential services. Ensure that most vulnerability people have access to Health Support Services, emotional advices, and trauma counselling for households that were serely affected by the Volcanic eruption.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Security and Protection monitoring and providing measures for referrals and support services. ● Increase support services for Sexual Reproductive Health including support for pregnant and lactating mother in affected. 	Society Forum of Tonga/ NATA/ All cluster members and Development Partners		
4	Food Security and Livelihood	MAFF Ministry of Fisheries	<p>Households</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Provide emergency food ration to the people/households impacted by Tsunami and Volcanic ash deposition. <p>Fisheries</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Empowerment of the Tuna and Deep-Water Snapper fisheries; ● Chemical testing of reef seafood; ● Rehabilitation of Aquaculture trial farms; ● Fixing of electrical damages at the Ministry of Fisheries and the Tu'imatamoana fish market. ● Cleaning up for the Ministry of Fisheries and the Tu'imatamoana fish market. 	MORDI/ Fisheries / Development Partners	\$ 700,000	\$ 700,000
5	Logistic and Coordination	NEMO	<ul style="list-style-type: none"> ● Coordinate the logistic support effectively and as required to ensure immediate relief are reaching timely to the neediest ones. 	Tonga Police HMAF	\$ 5 million	\$ 546,100 \$ 1,422,763
			<ul style="list-style-type: none"> ● Clearance of Debris deposited by Tsunami web and ash falls from volcanic eruption. ● Emergency Response Coordination at National level. 	TFES NEMO		\$ 600,000 \$ 2,850,000

			<ul style="list-style-type: none"> ● Institutional Readiness with equipment and capacity. 			
6	Emergency Communication	Communications/ MEIDCCC	<ul style="list-style-type: none"> ● Restore the telecommunication system in and across Tonga. ● Restore and strengthen the emergency communication system. ● Restore the international internet connectivity of Tonga. ● Improve monitoring system and equipment for Tonga Meteorological Service. 	Development Partners	\$ 1 million	\$ 1,000,000
7	Essential Services	Ministry of Public Enterprises	<ul style="list-style-type: none"> ● Restore the supply and services of electricity impacted by the tsunami. ● Rapid re-establishment of water services. Rapid re-establishment of telecommunications. ● Re-establishment and ensure stable radio and TV services. ● Replace damaged discharge pipeline for gas and upgrade storage. ● Proper waste management. ● Restore air and sea transport services. ● Repair and Maintenance of infrastructure at Tonga Port of Authority damaged by the Tsunami. 	TPL/ TWB/ MEIDCCC/ TPA/ Development Partners	2.1 million	\$ 10,211,072
8	Education	Ministry of Education and Training	<ul style="list-style-type: none"> ● Repair and maintenance of school infrastructure damaged by Tsunami ● Cleaning of volcanic ash and debris from the classrooms and school compound and cleaning of drinking water facilities. ● Relocation of schools from Tsunami hit area ● Assistance to the children for 'going back to school'. 	All cluster members and Development Partners	\$ 400,000	\$ 2,940,000
9	Economic and Social Recovery	Ministry of Finance	<ul style="list-style-type: none"> ● Provide economic and social early recovery to TC Harold impacted households and communities including businesses. 	Development Partners	\$ 2 million	\$ 2,000,000

10	Shelter (Reconstruction)	Ministry of Infrastructure	<ul style="list-style-type: none"> ● Clearance of debris in the affected areas immediately after disaster. ● Transition from emergency to recovery shelter needs for severely damaged and totally destroyed households Reconstruction of damaged critical infrastructures in affected areas through the principles of Building Back Better/Safer		\$ 700,000	\$ 700,000
	Total				\$ 14 milion	\$ 26,069,935

Appendix to Chapter 3

Appendix 3-1 BBB ビジョン

1 BBB ビジョン

Appendix 3-2 ファイナルレポート別冊

(津波高潮解析)

Appendix 3-3 火山性・地震性津波の波形



Government of the Kingdom of Tonga

Build Back Better Vision for Tonga

2022.05.12

1. Introduction: On Build Back Better Vision

Government of Japan has proposed the Build Back Better (BBB) concept to Sendai Frame Work. Simple reconstruction work results in the vulnerability resurrection, which is not acceptable. In contrast, Build Back Better increases the resilience of nations and communities through integrating disaster risk reduction (DRR) measures.

Concept (16 Jan. 2016, Japanese Delegate)

According to the definition of UNISDR, "recovery" after a disaster is "the restoration, and improvement, where appropriate, of facilities, livelihoods and living conditions of disaster-affected communities, including efforts to reduce disaster risk factors" (UNISDR, 2009).

The "Build Back Better" concept is generally understand disasters to utilize disasters as an opportunity to create more resilient nations and societies than before them through the implementation of well-balanced disaster risk reduction measures, including physical restoration of infrastructure, revitalization of livelihood and economy/industry, and the restoration of local culture and environment.

BBB stands for utilizing disasters as an occasion to achieve a better social recovery, which requires efforts in all development issues and fields, including DRR. It improves and strengthens the infrastructure and the governmental functionalities damaged during disasters triggered by natural hazards, to accelerate implementation of national development and DRR plan in parallel with humanitarian issues and to remodel the target societies sufficiently resilient against the next disaster. It focuses mainly on structural measures: DRR infrastructure and Critical infrastructure. However, it considers also on non-structural measures: Early Warning System, evacuation plan, land use planning, construction technologies, seismic and wind code, etc.

DRR infrastructure protects “critical infrastructure” shown below and assures its functionalities by suppressing the impact of natural phenomena. This is included in the critical one, too. For example, seawall against storm surge and tsunami. For example, seawall against storm surge and tsunami.

Critical infrastructure bears the national economy, industry, governance and the essential functionalities of the public services to the citizens, both governmental and non-governmental. For example, state office buildings, facilities for: communication; EWS; transport (roads, bridges, wharfs, ports, airports etc.); lifeline (water supply, electricity, waste disposal plants, etc.); hospitals and health service; and Education. Volcanic ash fall cannot have DRR infrastructure and shall be coped by each critical infrastructure.

2. How to Cope With Low Frequent – Highly Severe Disasters

It is necessary to consider multi-purpose measures for low-frequent highly severe disasters, combining with those for high-frequent normal disasters and with ordinary measures to maintain social functions, which have many parts in common among them. Otherwise, by the time the next big one strikes, facilities may be deteriorated, systems and organizations may be obsolete or forgotten, and may not function properly at the time of emergency. For example, it is difficult to find any reason to separate the measures for Tsunami from those for Storm Surge in Tonga case. These measures should be a basis for solving development issues at the same time.

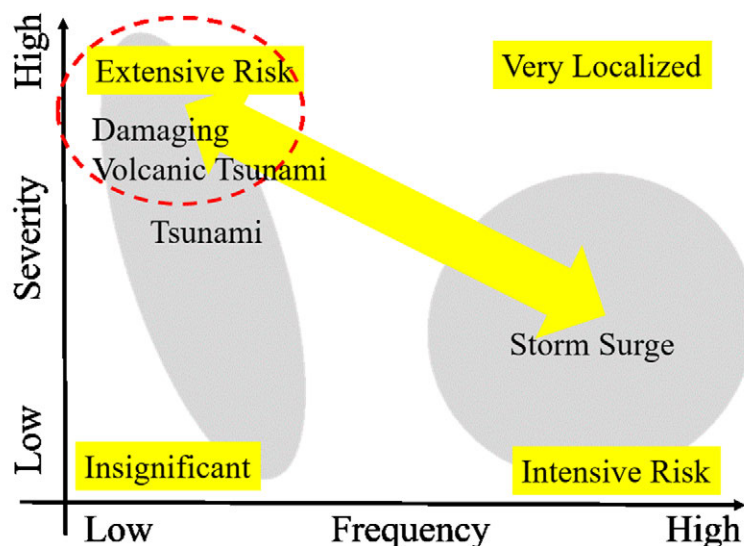


Figure 1. Low Frequent – Highly Severe Disaster and High frequent normal disaster

3. Considerable Natural Phenomena to Tonga

Due to its unique tectonic condition, Tonga is threatened by volcanic eruption from the west, by earthquakes from the subduction zone located east side and by cyclones with much frequency from all directions. These give the direct impact of Storm Surge, Strong Wind, Strong Ground Motion, Tsunami and Volcanic Ash Fall, to the coastal infrastructure, housing, buildings and livelihood.

For the effective DRR, we need to understand the natural phenomena to know their hazards, and to monitor them in combination with Early Warning System. The former is the base of the pre-disaster investment and the latter that of Immediate Response.

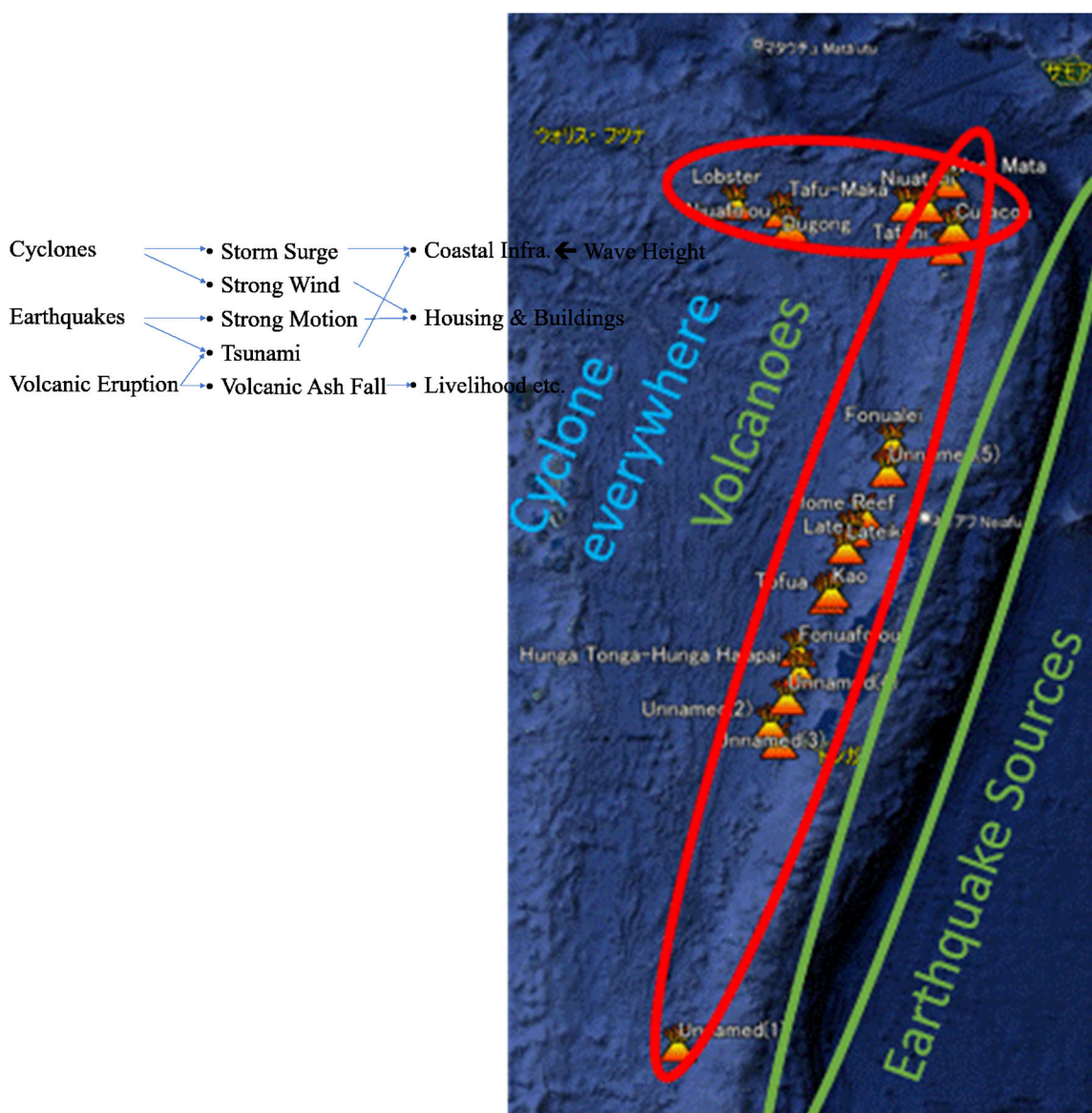


Figure 2 Natural Phenomena and their Impacts to Tonga

4. Build Back Better Vision

The 2022 HT-HH volcanic tsunami revealed the vulnerable fields of Tonga. Monitoring of hazardous natural phenomena; the capital city; tourism; remote villages including isolated islands; aerial, maritime and land transport; international and domestic communication; and some livelihood issues like water supply etc.

The following explains some examples of the BBB concept based on the needs in Tonga. It is necessary to correct the description by further survey and discussion.

It is most important to estimate the hazards with scientific correctness and to implement measures based on them.

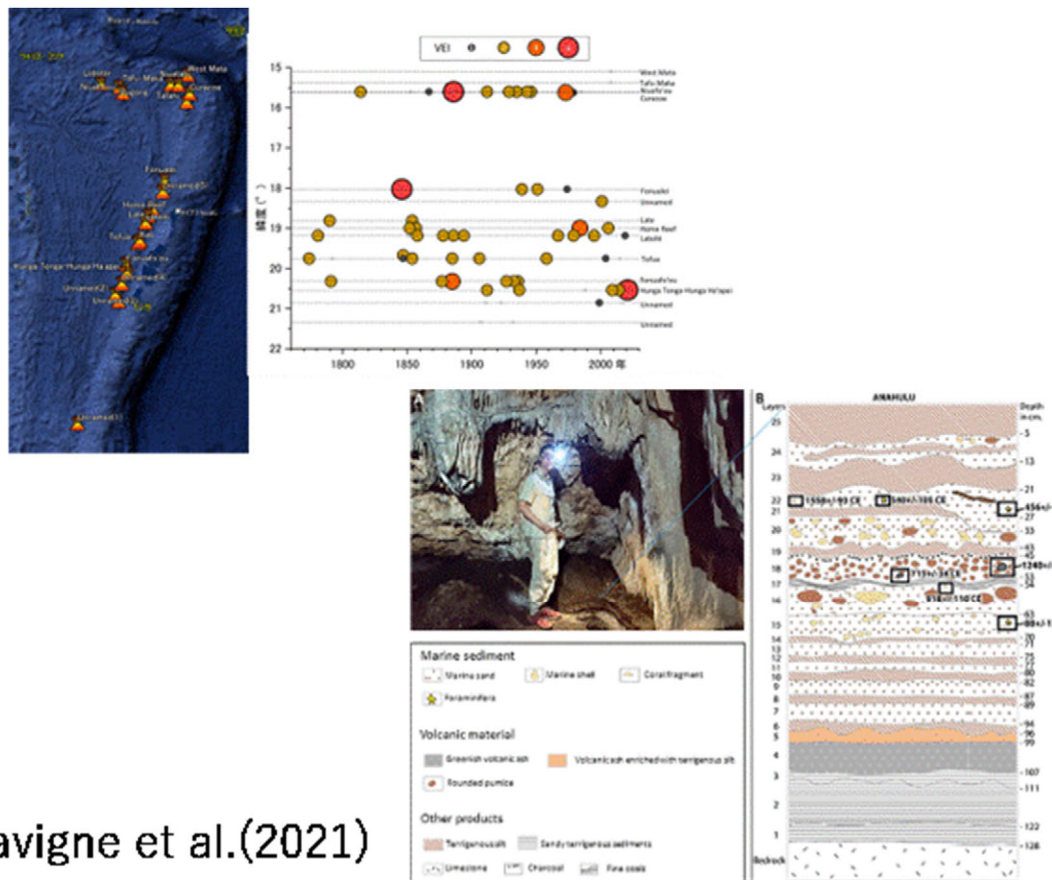
Table 1. Ten items of BBB Vision. The order does not imply priority.

#	items
1	Understanding the history and mechanism of natural phenomena for middle and long term estimate of hazard, risk and disaster, and Monitoring Combined with Early Warning System.
2	Protecting the Capital: Multi-purpose structural measures by pre-disaster investment including multi-protection and resilience of livelihood.
3	Tourism (Hotels and Resorts):
4	Villages at high risk or on Washed Out Islands:
5	Measures for Volcanic Ash Fall:
6	Immediate Response System: Strengthening and Capacity development (Training in site and recommendations by experts (NEMO, TGS, TMD etc.)
7	Disaster Management Planning:
8	Transport and Communication:
9	Housing: Residential and non-residential
10	Livelihood: Lifeline, Food Safety etc.

4.1 Understanding and Monitoring Natural Phenomena

It is necessary to understand the history and mechanisms of natural phenomena for assessing hazards, risks, and disasters in the medium to long term, and for setting criteria for pre-disaster investment. To monitor natural phenomena and their consequences in combination with early warning systems that also include forecasting of phenomena.

These figures show the example of volcanic disasters. The similar apply to those of earthquakes and cyclones.



Lavigne et al.(2021)

Figure 4. Image of research and survey for understanding

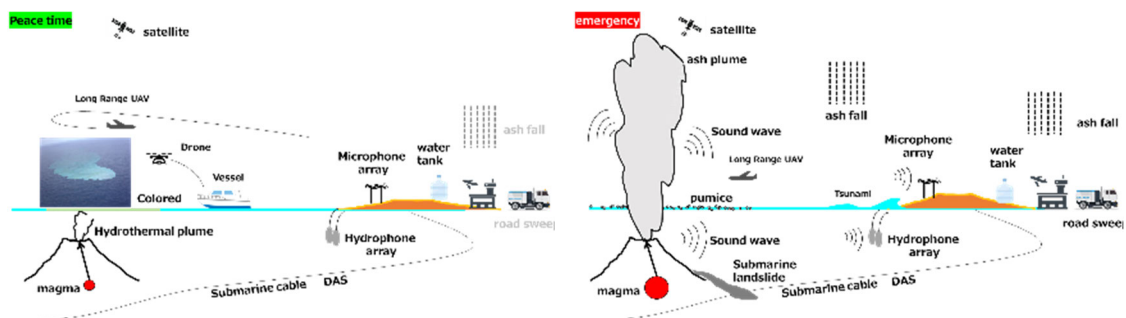


Figure 5. Examples of monitoring system. Left) ordinary time, right) emergency time.

4.2. Protecting the Capital City from Tsunami and Storm Surge

In the BBB concept, the objective is not to return to the state as it was a few days before the disaster, but to start running toward a favorable future of a safe, resilient, and attractive capital city. Therefore, it is necessary to implement structural measures by pre-disaster investment including multi-protection and resilience of livelihood

In Japan, the following concept sets the base for the design of DRR and critical infrastructure with

two wave height levels of Tsunami.

Level-1 highlighted blue in Figure 6 is likely to occur during the service period of the facility, i.e., once per few tens or one hundred years, and used to establish tsunami protection facilities, i.e., structural measure to stop securely tsunami invasion, from the perspectives of protecting human lives and property, stabilizing regional economic activities, and securing industrial bases.

Level-2 highlighted yellow or red in Figure 6 is extremely rare to occur but possible, i.e., once per few hundreds or one thousand years. In other words, maximum class for consideration. Naturally Level-2 exceeds much Level-1. Tsunami protection facilities designed for Level-1 reduces inundation area and depth by a tsunami of Level-2, therefore damages, and makes easier the non-structural measures, mainly evacuation.

A lesson learnt from the 2011 Tsunami at East Japan is that natural phenomena can occur in its scale beyond our imagination. It is necessary to develop an evacuation plan with sufficient leeway and implement the construction of necessary evacuation routes and tsunami evacuation facilities. For Tongan case, it is still in discussion whether the 2022 HTHH tsunami can be regarded as Level-1 or not. It will be determined whether the main concern is tsunami by volcanic eruption or storm surge by cyclone.

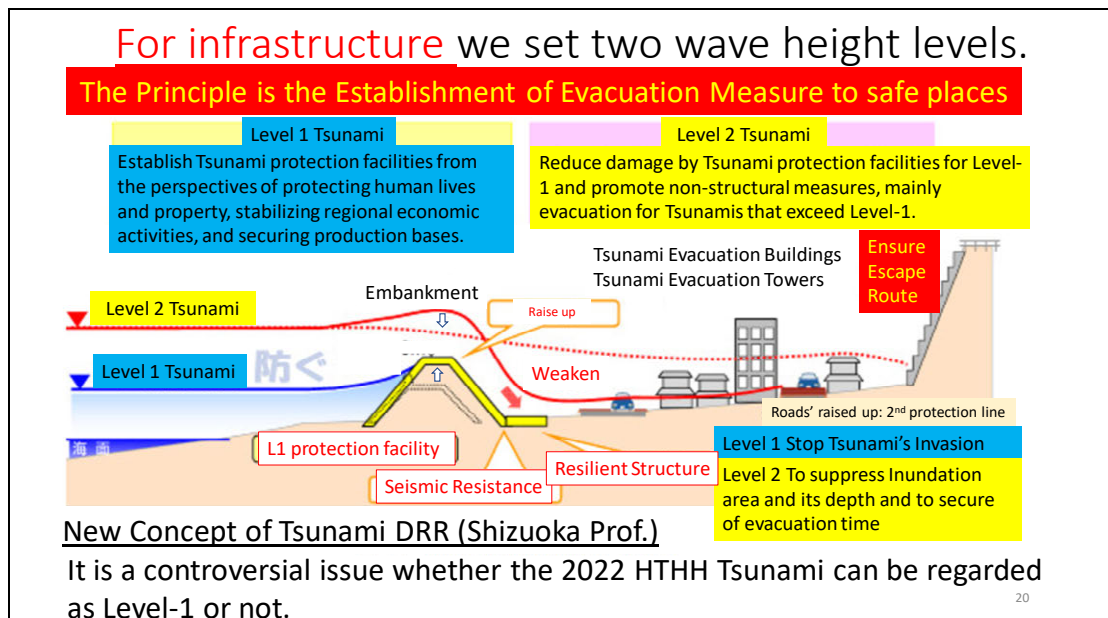


Figure 6. Schematic illustration of two tsunami height for designing infrastructures.

Table 2 shows the summary of the outputs from the experts' discussion on the frequency and severity of Tsunami in 2022 and in future.

Group A concluded "The eruption history of HTHH volcano showed that although the current activity may not be completely over, eruptions such as the January 2022 eruption are unlikely to recur on a 100-year time scale."

Group B "Eruptions (from various volcanoes) affects residential areas in Tonga are judged to occur more than once every 100 years."

Group C's numerical simulation of Tsunami with precise DEM and the digital bathymetry provided by Tonga side is ongoing.

Group D's on going simulation of Storm Surge considers the influence of the climate change, too.

We expect their scientific results for Level-1 Tsunami to set the main concern, Tsunami or Storm Surge.

Table 2. Summary of Experts' Discussion

Group	Member	Topics	Outputs	Remarks
A	Dr. Nakada, Prof. O'minato, Prof. Ichihara, Prof. Maeno (obs)	Mechanisms of 2022HTHH Eruption and the accompanied phenomena	Detail time series of eruptions (especially the first 30 minutes) and an eruption model considering landslide and gravity current.	The eruption history of HTHH volcano showed that although the current activity may not be completely over, eruptions such as the January 2022 eruption are unlikely to recur on a 100-year time scale.
B	Prof. Iguchi, Dr. Inoue, Prof. Nogami, Dr. Fujii	Reproducibility of the disasters (ash fall, pyroclastic flow, volcanic blocks, lava flow, gas, mud flow, etc.) caused by eruptions and countermeasure menu and direction for those disasters.	Necessary countermeasures are proposed from the perspective of BBB against various disasters such as ash fall and tsunami, in accordance with the assumption of eruptions that can affect residential areas in Tonga will occur multiple times in 100 years. All Volcanic Disaster Factors must be	Eruptions affects residential areas in Tonga are judged to occur more than once every 100 years.

			considered for Niuafu'ou (inhabited island).	
C	Prof. Imamura, Prof. Arikawa, Dr. Inoue, Dr. Kamigaichi, Prof. Chikasada, Prof. Mori	2022HTHH volcanic tsunami and its influence as tsunami height and its run-up height, its recurrence period and tsunami input level for design structures.	Numerical Simulation of HTHH Volcanic Tsunami. Understanding the actual situation, Preparation of run-up simulation, Parametric study about the tsunami source activated by HTHH volcanic eruption.	Simulation is ongoing with precise DEM and the digital bathymetry provided by Tonga side.
D	Prof. Mori, Prof. Arikawa, Prof. Imamura	Storm Surge by Cyclone under the influence of Global Climate Change.	Numerical Simulation of historical storm surges. Preparation of storm surge inundation simulation, Numerical simulation of storm Surges to reproduce the events in the recent 60 years. The effect of climate change will be considered from IPCC6 Assessment Report.	Simulation is ongoing with precise DEM and the digital bathymetry provided by Tonga side.

Based on the tsunami inundation assessment in 2011 (Damlamian et al., 2011), and in 2021 (Borrero et al., 2021), the capital can be zoned as roughly sketched in Figure 7. This, however, shows just a schematic image that should be finalized by future survey and discussion. Deeply inundated Red Zone, the next Yellow Zone, non-inundated Green zone, and Blue zone that seems safer than Green zone. The separation of Yellow Zone from Red Zone is just a speculation to explain the image, and should be defined by future analysis, too.

There are two island-shaped Green zones which altitude seems not so much higher than the surroundings. Therefore, potentially risky. For example, the smaller west one can shrink or disappear in case of big tsunami if sea level rises due to the climate change.

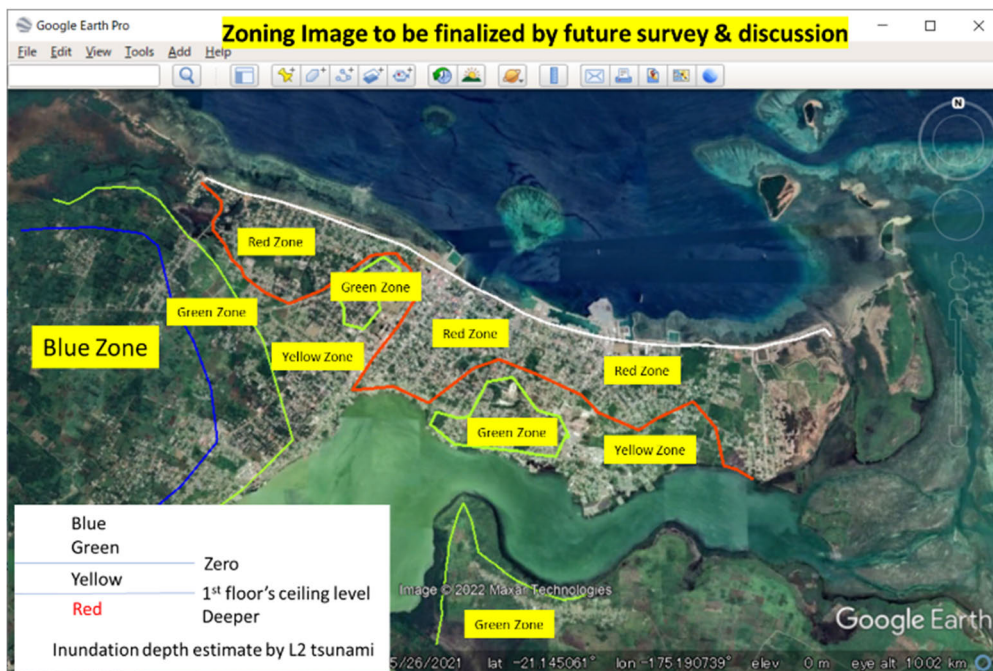


Figure 7. Schematic image of zoning based on inundation assessment

Figure 8 shows a schematic image of DRR structural measures combined with evacuation plan. Being a rough sketch, this should be corrected and finalized by discussion to accommodate with the existing plans.

The white curve along the coast shows the existing seawall. The effect of strengthening this existing seawall and/or additional road embankments as the second protection line shown by thick Green curve may narrow Red and Yellow zones. Possible measures of multi-protection are the followings in case waves pass over the seawall and road embankment.

- + Red zone: Land use control (Only Commercial, Industrial, and Governmental Uses that work as the DRR bases) plus Tsunami evacuation buildings and towers, Road embankment. Relocation of private residences to Green or Blue zones.
- + Yellow zone: Land use control similar to Red zone but with those of Essential Uses (Schools, Hospitals, etc.). Restriction/ recommendation of structure type for private houses (RC or RCB on poles (Piloti structure) or high foundation/ mound).
- + Island-shape Green zones: These should be connected to “Green and Blue Zone” by escape routes with elevated roads or bridge over low land or water to ensure evacuation. It is not a good idea to stay in a confined area to prepare for an attack of titan waves.
- + Green and Blue Zones: Candidate places for destination of relocated residences etc.

Besides DRR consideration, we pay attention to the transport axe (red allows). The east one connecting International Airport to Ferry Terminal, and the west one the city center to a Blue Zone at southwest. These together with road embankment may provide safer evacuation route.

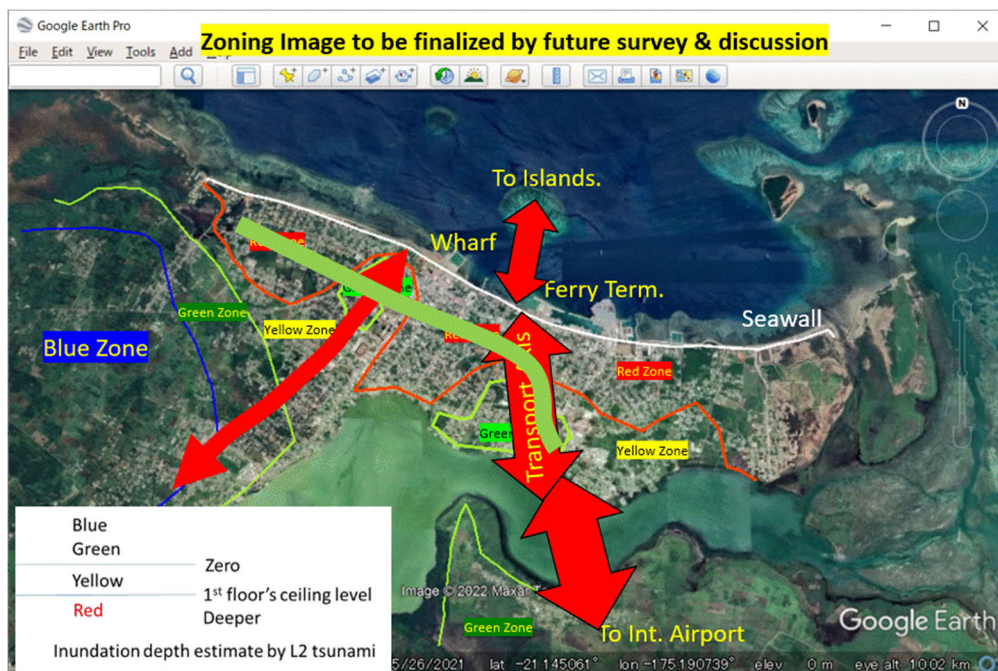


Figure 8. Schematic image of DRR structural measures

Besides DRR, we can list up the following purposes and benefits for development. This shows multi-purpose feature of the image.

- + Securing main evacuation routes from island-shape Green zones with viaducts, road embankment or bridge, etc.
- + Connecting the two main evacuation routes with road embankment (Green curve, i.e., the second protection line) to ensure the safety of evacuation from the center of the capital.
- + The southern shore of the lagoon can be a favorable resettlement site for inhabitants and companies, with access to the center of the capital and the airport.
- + Securing a transportation axe connecting the international airport and the ferry terminal, both in ordinary times and in times of disaster, to enable to activate trading and tourism through relieving traffic congestion in the center of the capital.
- + Integrated renewal of seawall, coastal roads, public open spaces for citizen's amenity, and urban areas through Green infrastructure on land and shore.
- + Control of construction styles in the Yellow zone: to prevent complete destruction of housing and to facilitate recovery of livelihood in terms of resilient housing.

The concept of Green Infrastructure may make the future direction toward an attractive capital city.

Green Infrastructure: Infrastructure and land use planning that contributes to sustainable social and economic development through the wise use of nature's diverse functions

(Green Infrastructure Association, Japan).

When the features of nature are understood and harnessed appropriately as infrastructure for the benefit of society and the economy, the costs of developing and maintaining Green infrastructure are lower than those of conventional infrastructure although higher comfort.

Different approaches may be necessary for cities, suburbs and rural area like isolated islands. The capital city is an extreme and an isolated island another extreme but at opposite side. The reality of each towns and villages are scattered in between them.

In the capital, the government can lead DRR and development directly by pre-disaster investment for structural measures to where capital and industries are concentrated and accumulated. The capital city can support whole country including rural area through investment to the bases of the public assistance, i.e., transport, communication, science, technology, education, medical and health care, human resource development etc., and can contribute to national economy through investment for promotion of commerce, agro-fish-food and information industries, and trading.

In rural area, self-help and mutual assistance within communities are the main for DRR. The public assistance should support them. Self-sustainable Development there should be connected to national economy. Due to the scattered distribution of population, however, structural measures of big scale may not be realistic. Then, investment should be done on selected common key measures, which can support the activities of communities for transport, communication, education, medical and health care etc. Transport and Communication are identified as the target of BBB Vision in this context.

4.3. Tourism (Hotels and Resorts)

Tourism is important for the national economy. The facilities tend to locate close to coast in a scattered way by necessity and difficult to relocate.

Safety measures for every premises should be implemented primarily by the responsibility of owners, for example, tsunami evacuation route/ tower/ mound, selection of construction type (for example, Reinforced Concrete, Reinforced Concrete Block Masonry etc. on mound/ high foundation/ Piloti structure), stockpiles etc. Control of construction type should be applied, by finding realistic solutions.

Because of difficulty to apply structural measures of big size, the concept of the green infrastructure should be considered to suppress the tsunami/ storm surge impact, to conserve and cultivate coral reefs, landscape and environment, and to attract more tourists.

Loan programs differentiated by the grade of disaster preparedness aimed to give a financial benefit for the owners who implement disaster preparedness may promote the preparedness in

tourism industry.

Coral reefs can provide comparable wave attenuation benefits to artificial defenses such as breakwaters, and reef defenses can be enhanced cost effectively (Ferrario et al. 2014, Nature Communication))

4.4. Villages at high risk or on Washed Out Islands

In rural area such as villages at high risk or on washed out islands, different approaches are necessary due to a wide variation of local conditions to be considered.

For those, especially Niuafu'ou island at the rim of a volcanic caldera, the safest way may be resettlement to a safe place in main islands. Temporary settlement is necessary for evacuated people in the case.

However, if inhabitants wish to stay in original risky place, it is necessary for the government to prepare for their preventive evacuation based on information of EWS. This highlights the importance of monitoring.

If enough space for all inhabitants cannot be found in safe place, inhabitants may need shelters for emergency.

For the purpose of easier recovery with resilient housing, restriction or recommendation of structure type for residence (for example, Reinforced Concrete, Reinforced Concrete Block Masonry etc. on mound/ high foundation/ Piloti structure), finding realistic solutions.

Because of difficulty to apply structural measures of big size in rural area, the concept of Green infrastructure should be considered to suppress the tsunami/ storm surge impact, to conserve and cultivate coral reefs, landscape and environment for better quality of life of inhabitants.

In BBB Vision, transport and communication are pointed out as the basis of rural development issues that are mainly livelihood issues.

4.5. Measures for Volcanic Ash Fall

Plans as parts of waste management are necessary for cleaning up, disposing/ reusing/ recycling volcanic ash and debris as well as equipment like machinery and plants, for example, of recycling aggregate. These should be served for ordinary use for waste management.

Although not fatal, volcanic ash can harm the functionalities of lifelines, for example, water supply, Sewage, Wired Electricity or Renewable Energy. Estimate of influence and strengthening measures may be needed as well as those on Agriculture, Fisheries, Transport, Communication and Environment etc.

For example, real time ash fall forecast based on monitoring and numerical simulation may be

helpful for various activities of immediate response.

4.6. Immediate Response System

Immediate Response System worked well in the case of the 2022 HTHH eruption. However, it can be bettered by introducing quick simulation for forecasting or estimating ash fall, tsunami etc. Use of Satellite, airplane and aerial drone may help quick damage survey. These should be used ordinary for being maintained in operable condition and for the training of officers, not only for vigilance of volcanos but also that for maritime security, weather forecast etc. Thus, with training in site and recommendation by experts for government officers of NEMO, TGS, TMS etc.

4.7. Disaster Management Planning, Drill and Education

For middle and long term measures as well as immediate response, national disaster management plan is needed as well as that of local level, i.e., district, city, town, village, including stockpile plan and relief plan. At both levels, financial aspect should be considered.

In parallel, every public and private entities should have disaster management work plan, which includes Business Continuity Plan, Business Contingency Plan, and Evacuation Drill etc.

Government should promote to have disaster management work plan or survival plan to owners of small-scale business, sole proprietors and individuals. Education on Science and Technology that comprise DRR, too.

4.8. Transport and Communication

Planning and implementation for resilient transport system is essential for ensuring access to damaged area in emergency and abundant logistics in ordinary time, by strengthening critical facilities of the followings.

- + aerial transport: safe airports with seismic resistance, meteorological monitoring/ observation and EWS. In addition to weather forecast, preventive information of volcanic eruption may contribute to safe aviation.
- + maritime transport: safe wharf and ferry terminal with resistance against earthquakes and tsunami/ storm surge, oceanographic monitoring/ observation and EWS. Preventive information of volcanic eruption may contribute to safe navigation as well as weather forecast.
- + land transport: roads and bridges with seismic resistance, geotechnical monitoring/ observation and EWS.

Planning and implementation for resilient communication and information system is crucial for both of disaster management and sustainable development.

Due to long distances among island groups and from Tonga to neighboring countries, resilient system via submarine cables are indispensable with redundancy, in parallel with the preparedness

to switch immediately to satellite communication from cable based one.

It is necessary to ensure communication among individuals by strengthening of base stations of Cellular and Smart phones.

As recognized well, ICT-based communication can support Digital Transform of society, for example, education and medical care on remote provided by core organizations like USP or Vaiola Hospital. Moreover, e-government, e-commerce, e-learning etc.

The disadvantages of scattered territories will be overcome in this context.

4.9. Housing: Residential and Non-residential Buildings:

As the seismic hazard estimate is high in Tonga and strong wind recur frequently in addition to Tsunami/ Storm surge hazard, it is better to control construction activities by land use control based on hazard assessment, by leading people, especially constructors to follow the seismic and wind codes, and the recommendation about inundation resilient way of housing. Persistent efforts will be required, because it takes time.

Non-residential buildings of essential uses under governmental administration should be more resilient against considered disasters. For example, schools, hospitals etc. should follow stricter standards than ordinary housing for major safety and keeping their functionalities. Governmental offices, transport terminals etc. should have enough resilience to be bases of disaster management in emergency.

4.10. Livelihood

We have overviewed the targets of BBB Vision to ensure the safety against severe disaster. Moreover, measures useful to accelerate various development issues that already have been or newly recognized should be considered, too.

For example:

Lifeline:

Energy supply: Resilient power plant, Renewable energy

Water supply: Groundwater management, Purification technology

Waste and Sewage management

Health and Hygiene:

Programs for Improvement of Nutrition, Health and Welfare

Communicable and Non-communicable diseases (Diabetes etc.).

Support to Agriculture, Fishery, Industry, and Trading, of small scale:

Development and dissemination of technologies appropriate for Tonga

Processing Seafood, agricultural and livestock products

Loan and insurance programs against natural disaster for financial safety of livelihood.

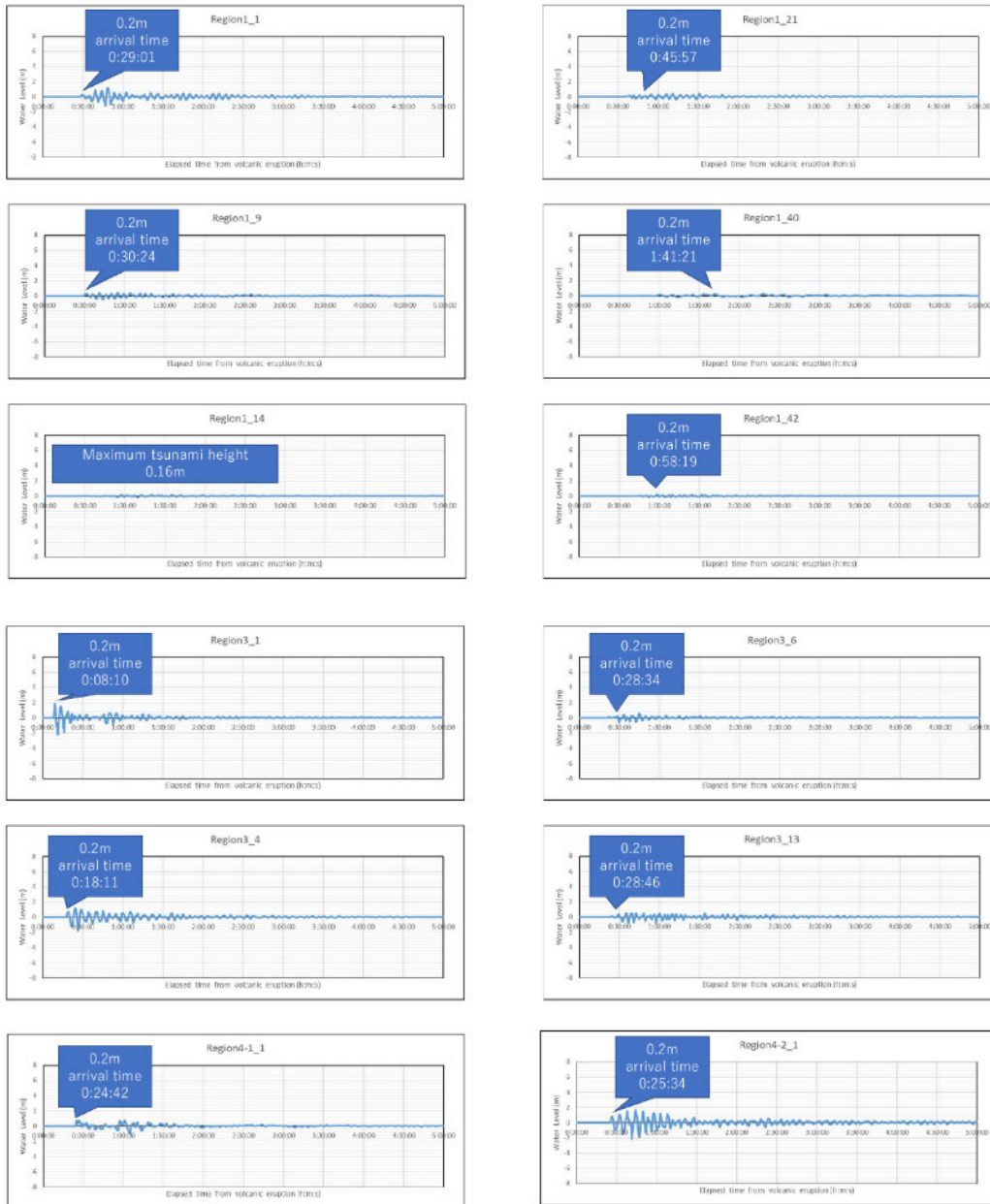
Linkage with Health problem: Vegetable farming.

火山性・地震性津波の波形

1. Volcanic tsunami waveforms

Volcanic Tsunami_Volc0-1-1 Region1

Hunga Tonga-Hunga Ha'apai(R=5km, H=30m)



Source: JICA Study Team

Figure 1 Waveform (Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc1-1-1 Region1

Unnamed1(R=5km, H=30m)

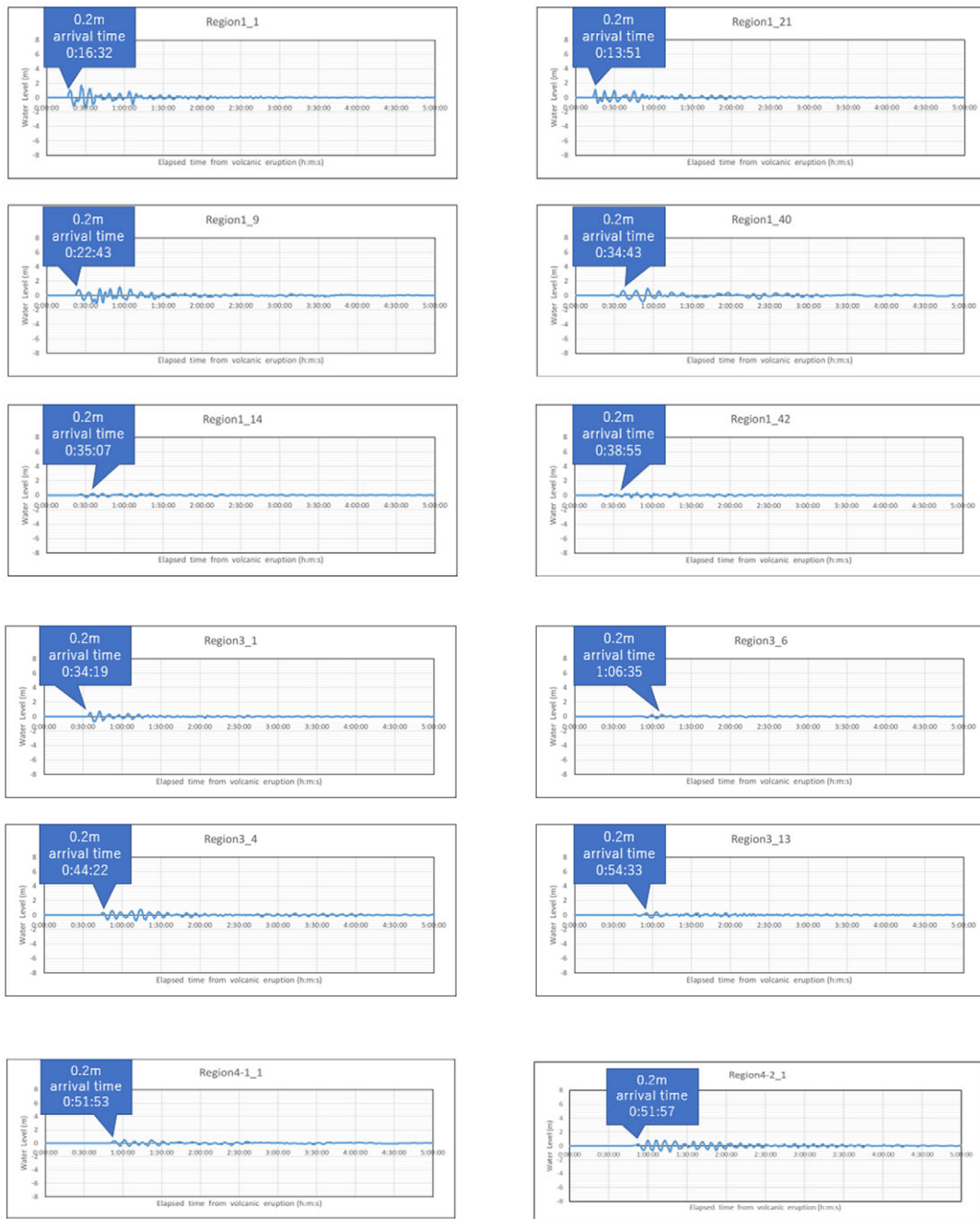


Source: JICA Study Team

Figure 2 Waveform (Unnamed1, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc2-1-1 Region1

Home Reef(R=5km, H=30m)



Source: JICA Study Team

Figure 3 Waveform (Home Reef, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc3-1-1 Region1

Lateiki(R=5km, H=30m)

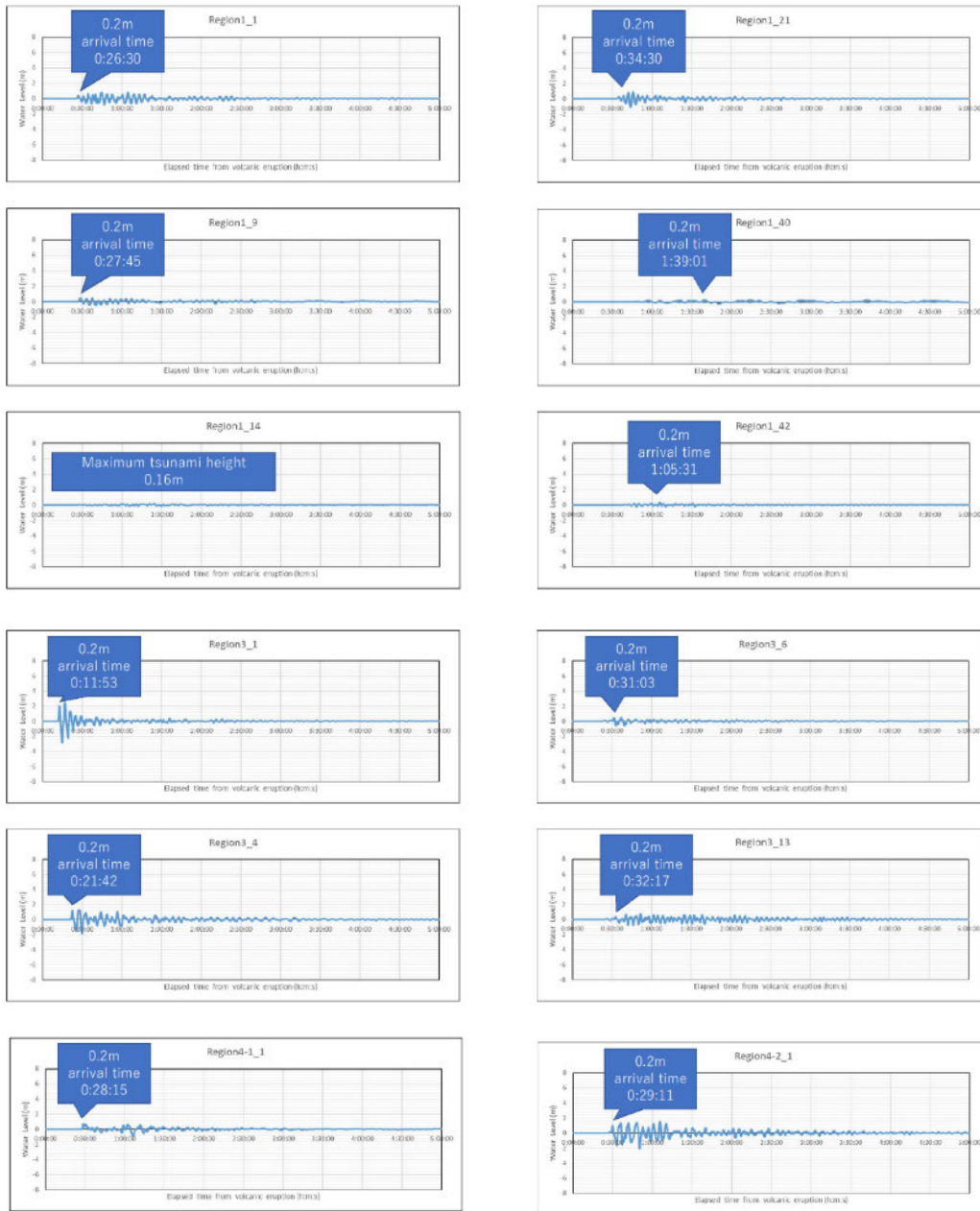


Source: JICA Study Team

Figure 4 Waveform (Lateiki, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc4-1-1 Region1

Fonuafo'ou(R=5km, H=30m)



Source: JICA Study Team

Figure 5 Waveform (Fonuafo'ou, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc5-1-1 Region1

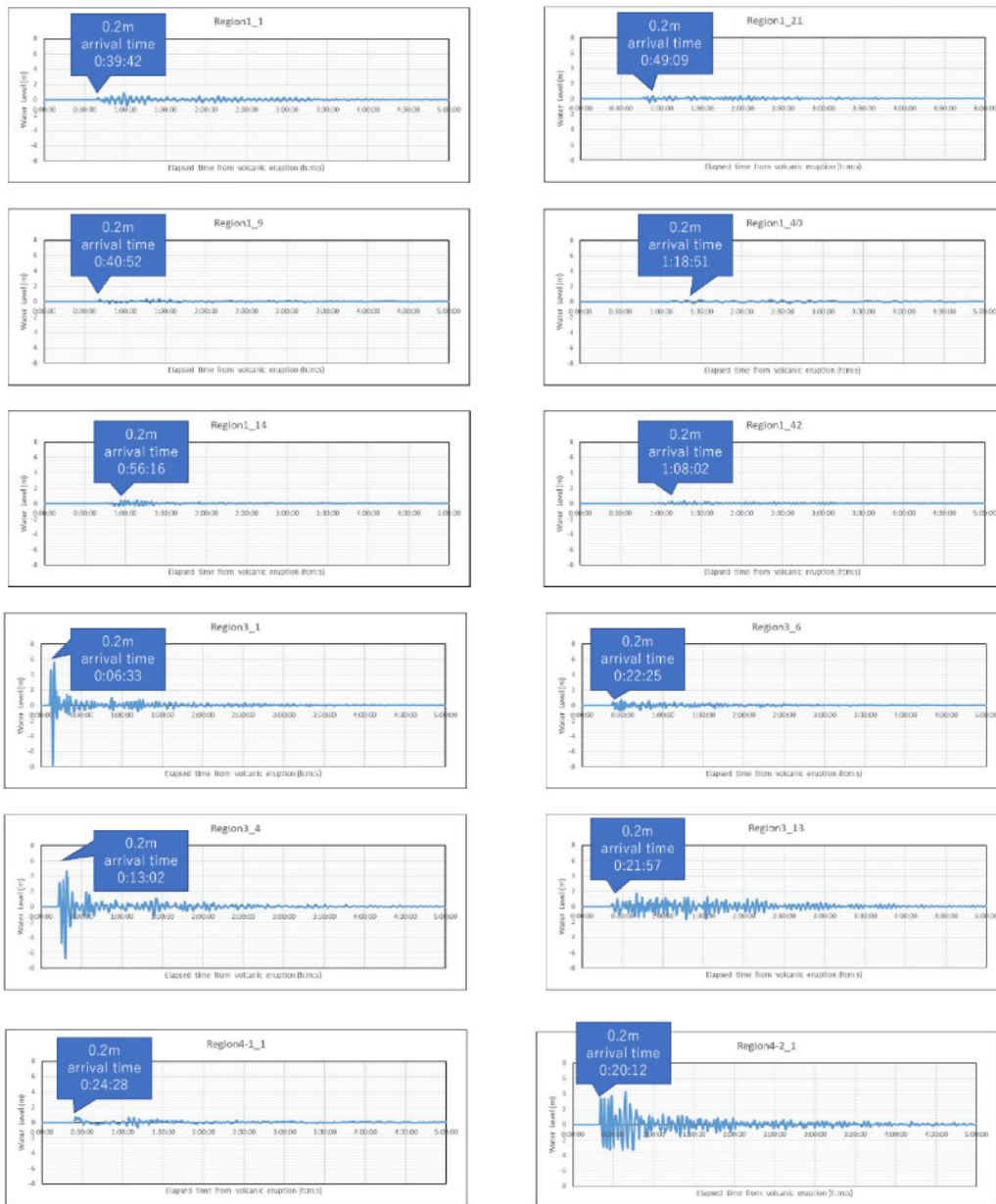
Unnamed2(R=5km, H=30m)



Figure 6 Waveform (Unnamed2, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc6-1-1 Region1

Unnamed3(R=5km, H=30m)

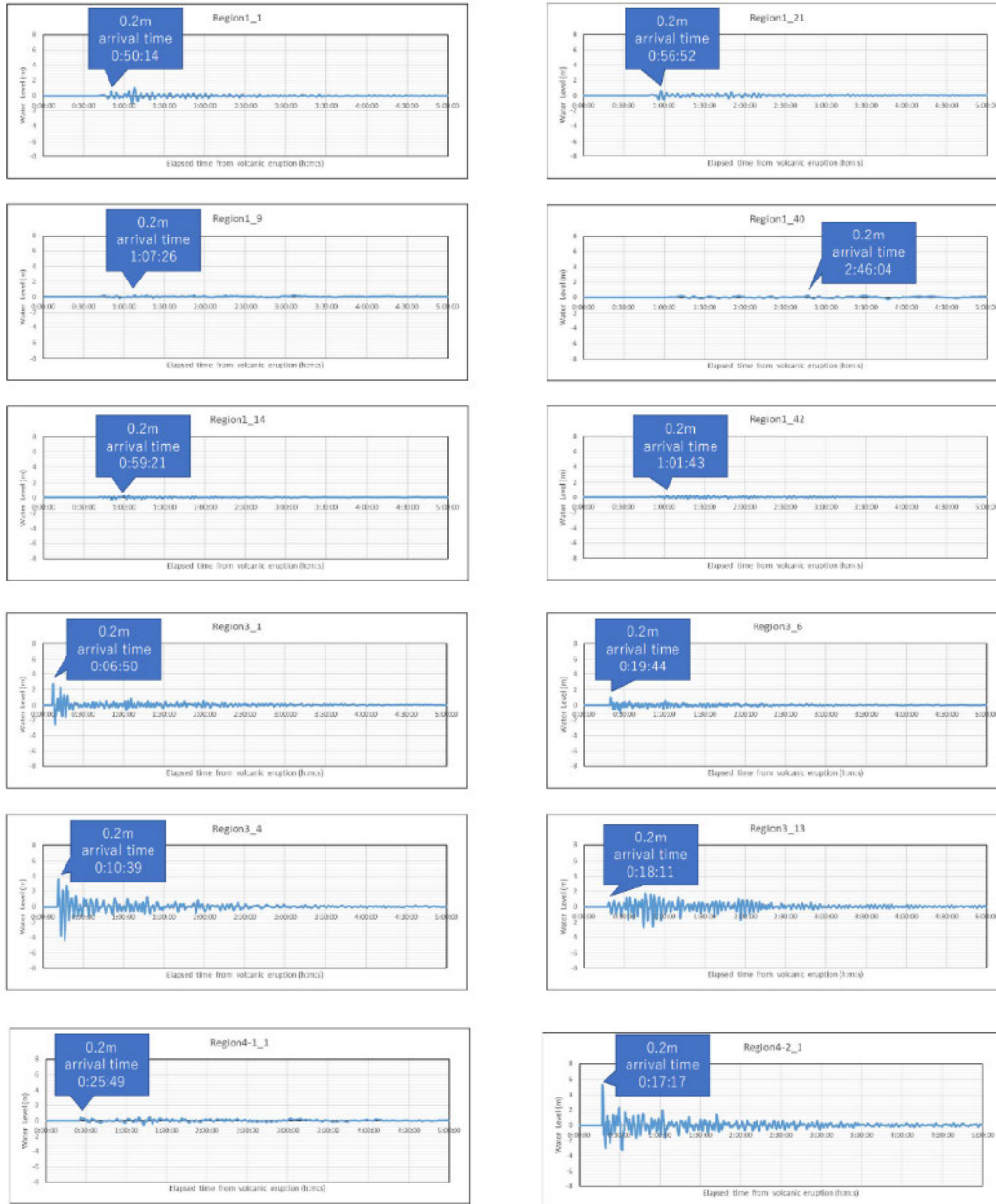


Source: JICA Study Team

Figure 7 Waveform (Unnamed3, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc7-1-1 Region1

Unnamed4(R=5km, H=30m)



Source: JICA Study Team

Figure 8 Waveform (Unnamed4, R=5km, H=30m)

Volcanic Tsunami_Volc0-2-1 Region1

Hunga Tonga-Hunga Ha'apai(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 9 Waveform (Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc1-2-1 Region1

Unnamed1(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 10 Waveform (Unnamed1, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc2-2-1 Region1

Home Reef(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 11 Waveform (HomeReef, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc3-2-1 Region1

Lateiki(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 12 Waveform (Lateiki, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc4-2-1 Region1

Fonuafou'ou(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 13 Waveform (Fonuafou'ou, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc5-2-1 Region1

Unnamed2(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 14 Waveform (Unnamed2, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc6-2-1 Region1

Unnamed3(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 15 Waveform (Unnamed3, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc7-2-1 Region1

Unnamed4(R=5km, H=60m)



Source: JICA Study Team

Figure 16 Waveform (Unnamed4, R=5km, H=60m)

Volcanic Tsunami_Volc0-3-1 Region1

Hunga Tonga-Hunga Ha'apai(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 17 Waveform (Hunga Tonga-Hunga Ha'apai, R=5km, H=90m)

Volcanic Isonami_Volc1-3-1 Region1

Unnamed1(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 18 Waveform (Unnamed1, R=5km, H=90m)

Volcanic | tsunami_Volc2-3-1 Region1

Home Reef(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 19 Waveform (HomeReef, R=5km, H=90m)

Volcanic Tsunami_Volc3-3-1 Region1

Lateiki(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 20 Waveform (Lateiki, R=5km, H=90m)

Volcanic Tsunami_Volc4-3-1 Region1

Fonuafou'ou(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 21 Waveform (Fonuafou'ou, R=5km, H=90m)

Volcanic Tsunami_Volc5-3-1 Region1

Unnamed2(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 22 Waveform (Unnamed2, R=5km, H=90m)

Volcanic Tsunami_Volc6-3-1 Region1

Unnamed3(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 23 Waveform (Unnamed3, R=5km, H=90m)

Volcanic Tsunami_Volc7-3-1 Region1

Unnamed4(R=5km, H=90m)



Source: JICA Study Team

Figure 24 Waveform (Unnamed4, R=5km, H=90m)

2. Seismic tsunami waveforms

For seismic tsunamis, tsunami arrival waveforms were also compiled for all islands except Tongatapu and Eua, in order to contribute to future disaster prevention. The waveforms provide an approximate idea of tsunami height and arrival time.

The location of the extracted waveforms is the same as for volcanic tsunamis.

Seismic Tsunami_fault1976-1 Region1

1976/1/14 Earthquake

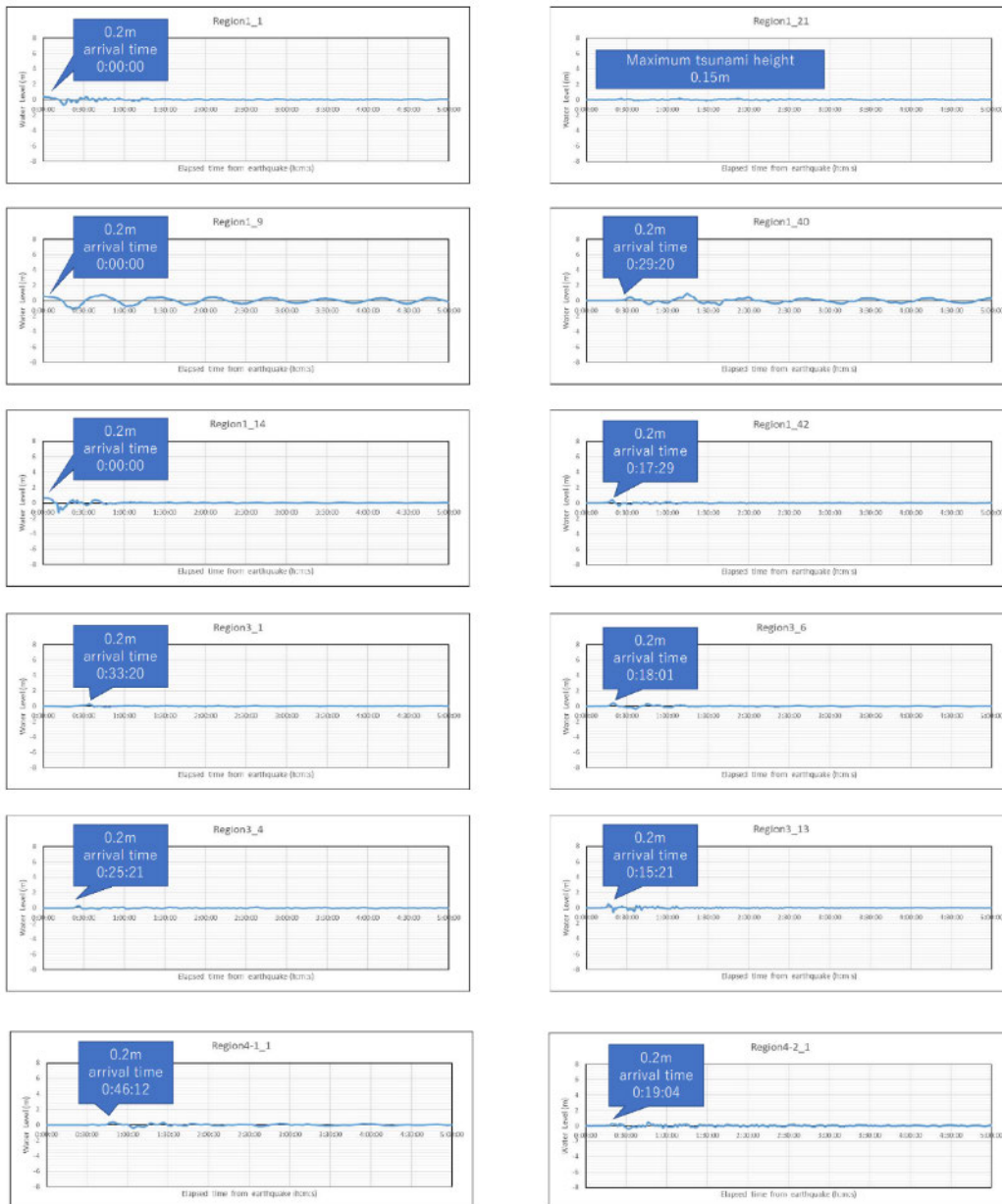


Source: JICA Study Team

Figure 25 Waveform (Fault 1976)

Seismic Tsunami_fault2006-1-1 Region1

2006/5/3 Earthquake (Fault Model 1)



Source: JICA Study Team

Figure 26 Waveform (Fault 2006-1)

Seismic Tsunami_fault2006-2-1 Region1

2006/5/3 Earthquake (Fault Model 2)



Source: JICA Study Team

Figure 27 Waveform (Fault 2006-2)

Seismic Tsunami_fault2009-1 Region1

2009/9/29 Earthquake



Source: JICA Study Team

Figure 28 Waveform (Fault 2009)

Seismic Tsunami_fault2018-1 Region1

2018/8/19 Earthquake



Source: JICA Study Team

Figure 29 Waveform (Fault 2018)

Seismic Tsunami_fault2021-1 Region1

2021/3/4 Earthquake



Source: JICA Study Team

Figure 30 Waveform (Fault 2021)

Appendix to Chapter 4

Appendix 4-1 DCP テスト結果、及び測量結果

Appendix 4-1
DCP テスト結果、及び測量結果

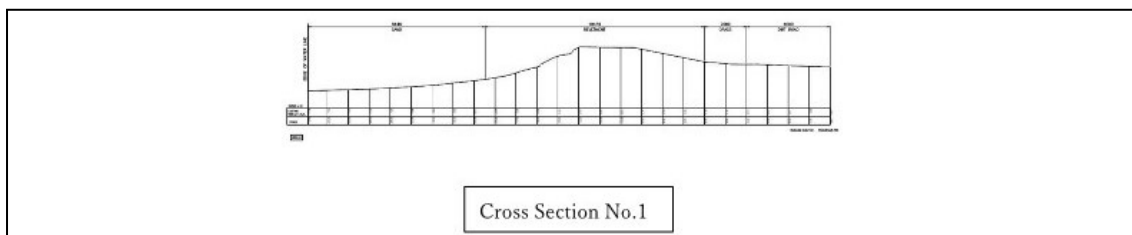


図 1 測量断面図 No.1(CH0+000) : 西側日本無償援助護岸の西側始点付近

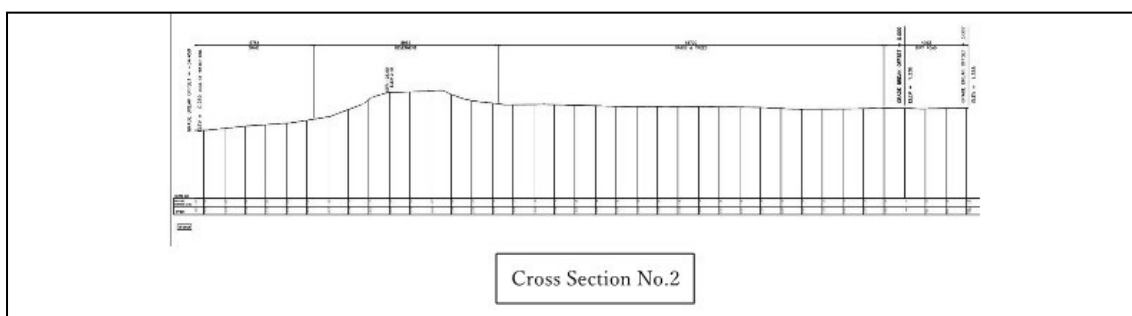


図 2 測量断面図 No.2(CH0+220.28) : 西側日本無償援助護岸

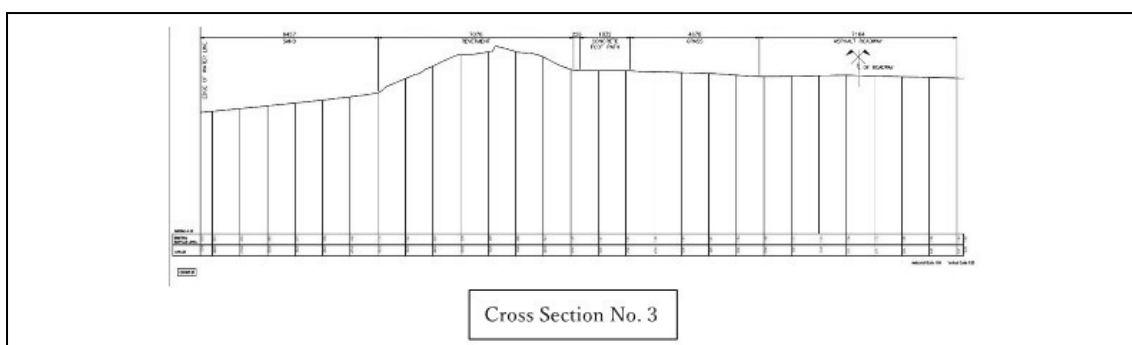


図 3 測量断面図 No.3(CH0+907.31) : 西側日本無償援助護岸

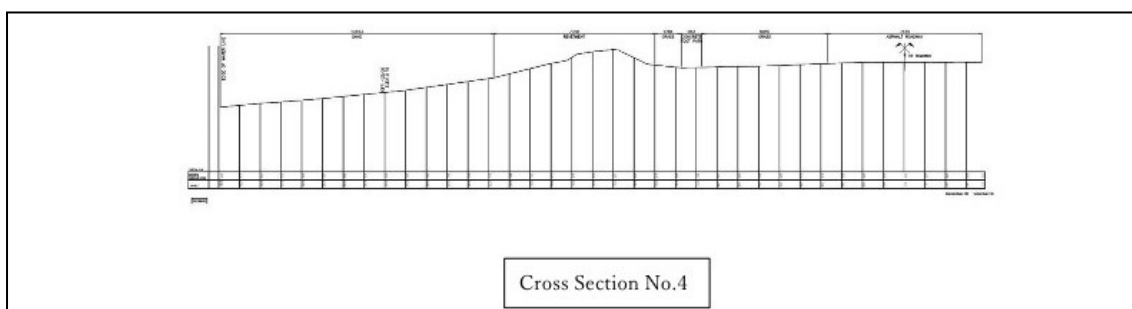


図 4 測量断面図 No.4(CH1+949.61) : 西側日本無償援助護岸

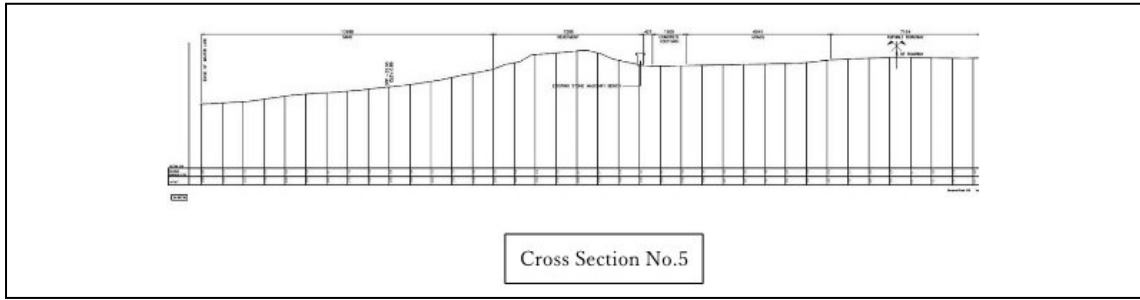


図 5 測量断面図 No.5(CH2+657.82)：西側日本無償援助護岸東側終点付近

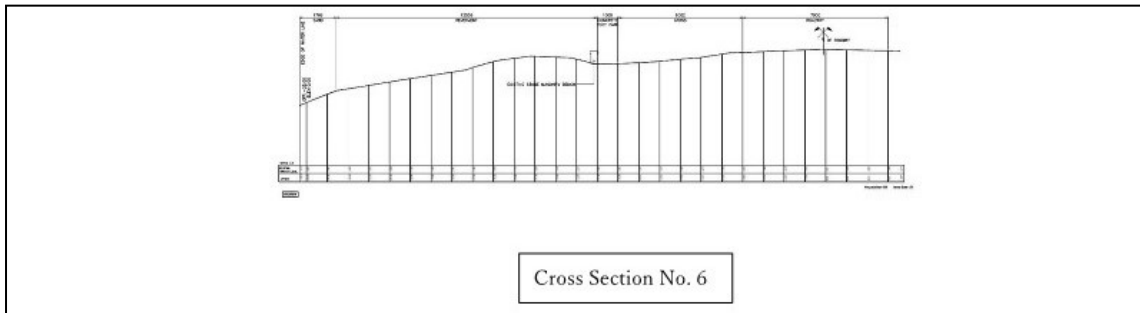


図 6 測量断面図 No.6(CH3+082.96)：ドイツ無償援助護岸西側始点付近

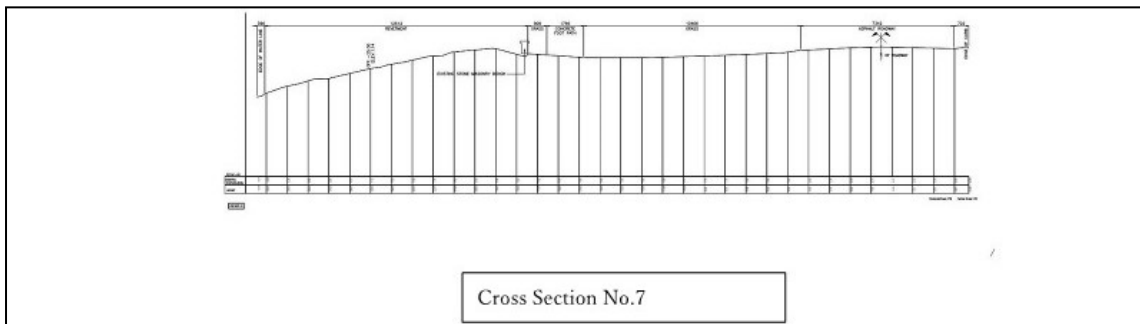


図 7 測量断面図 No.7(CH3+315.10)：ドイツ無償援助護岸

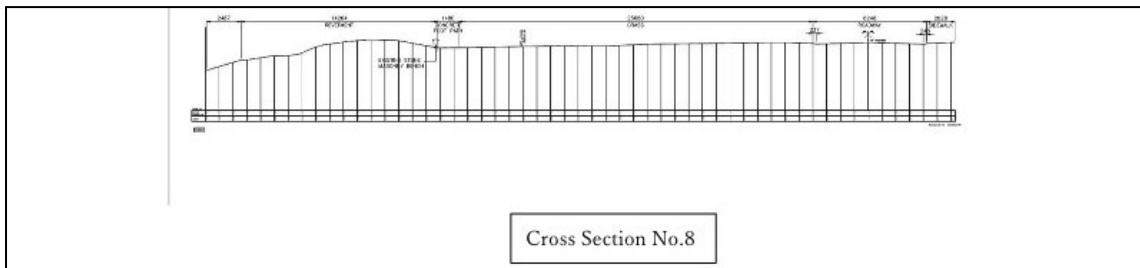


図 8 測量断面図 No.8(CH3+896.94)：ドイツ無償援助護岸

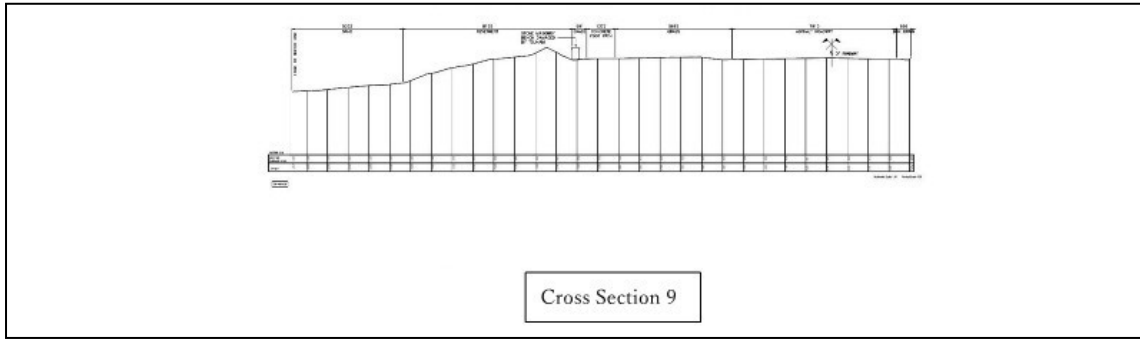


図 9 測量断面図 No.9(CH4+859.08)：ドイツ無償援助護岸

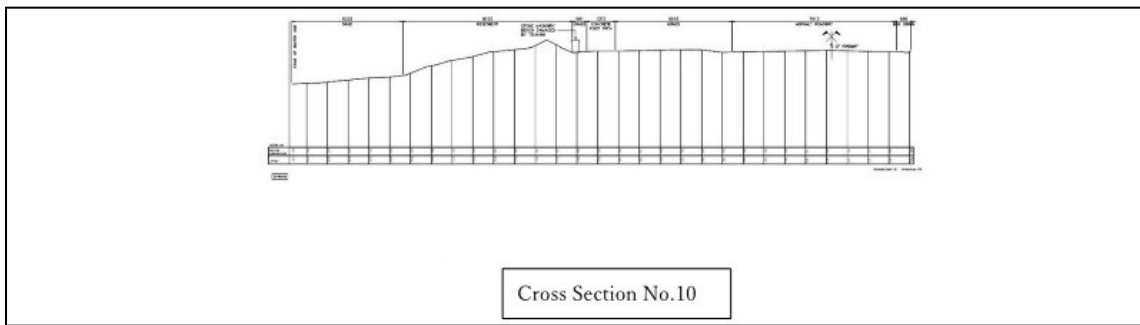


図 10 測量断面図 No.10(CH6+301.74)：東側日本無償援助護岸西側始点付近

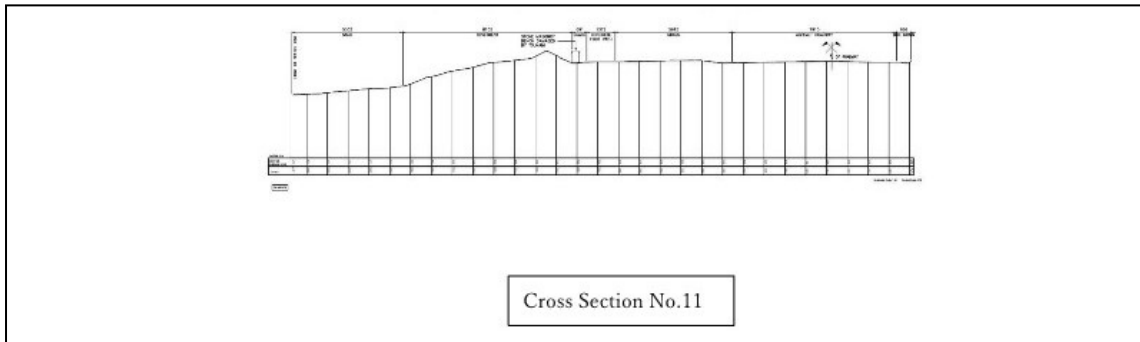


図 11 測量断面図 No.11(CH7+324.13)：東側日本無償援助護岸

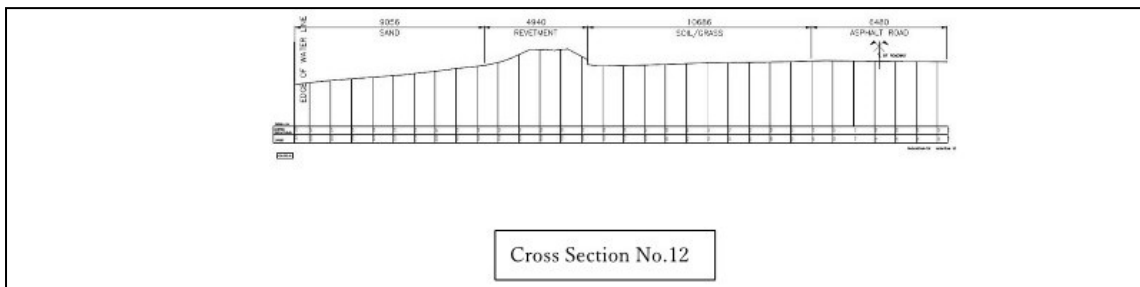


図 12 測量断面図 No.12(CH7+918.00)：東側日本無償援助護岸

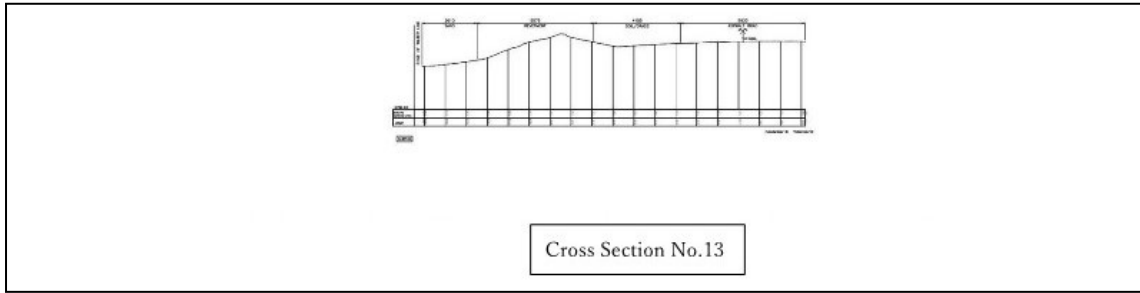


図 13 測量断面図 No.13(CH8+574.16)：東側日本無償援助護岸

Appendix to Chapter5

Appendix 5-1 プロジェクトリスト


- 1 トンガ王国の案件一覧
- 2 トンガ王国の水道案件一覧

厚生労働省委託事業

令和4年度水道プロジェクト計画作成指導事業(第1期)

トンガ王国水道復興支援計画より抜粋

無償資金協力案件


No	項目	概要
1.	名称	護岸施設の復興及び強靱化
2.	位置	トンガタップ島 ニクアロファ市
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> 直接受益者：ヌクアロファ市民 間接受益者：トンガ国民
		
4.	背景	<p>2022年1月15日、同国の首都ヌクアロファの北約65kmに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。本災害では火山の噴火に伴い火山性津波が発生して、ヌクアロファ市内でも津波による家屋などの被害が発生した。さらに、護岸施設の被害も出ている。(添付1)</p> <p>トンガ国周辺では1月、2月の雨季を中心に1月(20回)、2月(18回)サイクロンが発生している。2020年4月7日から8日にかけてトンガを襲ったサイクロン「ハロルド」はトンガ国に甚大に被害を残した。</p> <p>2018年2月12日、サイクロン「ジータ」が大洋州のトンガ王国に上陸した。サイクロンジータはトンガ国建国以来最強のサイクロンと言われており、強風と洪水のため家屋などに甚大な被害を残した。</p> <p>加えて、トンガ国では海溝型の地震による津波も記録されている。1860年以降に23回の津波が記録されており、その多くは1m以下と小さく被害もほとんど発生していない。しかしながら、ハイパイ諸島では2.5mの津波が発生したことが記録されている。1977年の地震によって3つの津波が発生したことが記録されている。</p> <p>このようにトンガはサイクロンなど毎年発生する災害のほかに潜在的に起こり得る低頻度でも大災害となる可能性のある災害もあり、護岸の防御施設の必要性は高い。</p> <p>日本国政府は1987年から1988年にかけて実施した無償資金協力「ヌクアロファ護岸拡充計画」において、市街地中心部(約3km)を除く約5.2kmにわたりヌクアロファ市の護岸施設の建設を行った(添付2護岸施設参照)。今後護岸施設の復興に当たっては、火山性の津波のみならず、将来起こりうる災害を考慮して、BBBの考え方により復興することとする。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>現在建設されている護岸施設を再建する。</p> <p>護岸施設の距離：市街地中心部を含めた約8.2キロメートル</p> <p>構造：CSG (Cemented Sand and Gravel) 工法(添付3CSG工法参照)を採用し、現地ですぐに入手できる砂や砂礫などを水とセメントを加えて混合し、堤体のコア部を作成、その海側に既存のコーラルや岩を再利用して設置し、内側に盛土を施しその上に植栽することで環境にも配慮した、より強靱な護岸を作ることが可能である。鹿島建設が特許取得しているが、使用は可能</p> <p>断面構造や高さは追加検討が必要</p>
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> CSG工法使用により、石積護岸に比較しより強靱な堤体ができる 護岸施設の再建を通じてトンガ国側に科学的な根拠に基づいた施設設計の手法を技術移転することが出来る 地震による津波や高潮被害が軽減され、ヌクアロファ市街地の強靱化が図られる。
7.	概算費用	21億円(m当たり単価を78万円、H=4m、施工延長を2kmと想定した場合)
8.	協力機関	MOI, MLNR
9.	実施上の留意点	ハザードの検討結果を用いて高さの検討を行う必要がある。

No.	項目	概要
1.	名称	エウア島の橋梁建設
2.	位置	エウア島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> ● 直接受益者：エウア島民 ● 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>2022年1月15日の火山噴火とそれに伴う津波被害のため、エウア島でも建物や港湾施設、護岸施設に被害が生じた。被災前からエウア島では交通施設が十分ではなく、物資の輸送に障害があった。被災後の緊急物資の配布も交通網の脆弱性が露呈した形となった。</p> <p>特にエウア島の港湾周辺の道路網が脆弱であることに加えて、港湾近くのカルバートが損傷を受け、道路が使えない状態となった。</p> <p>このような状態を受け、災害前の道路網のミッシングリンクを橋梁でつなぎ、島内の道路網の強靱化を図る必要がある。</p> <p>本プロジェクトはBBBビジョンに従い、道路網のミッシングリンクを解消することにより、道路網を完成することにある。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>新規橋梁候補地については、添付資料に示す3通りの考え方がある。</p> <p>第1案：今回津波の最高到達点(青色屋根の家)の上まで、新規橋梁を含む道路を取り付け、港湾への進入路を別途考慮する。(想定橋梁形式:鋼製鉸桁橋 S=50m)</p> <p>第2案：対象車両を限定するか否かで、橋梁の構造が大きく変わる可能性はあるが、現行の道路からのアクセスを考慮すると一番の候補と言える(想定橋梁形式:鋼製床板箱桁橋 S=150m)</p> <p>第3案：上記2の位置から上流に100m程入った個所で取付道路を整備する事で橋梁の支間長を短くできる可能性が有る。(想定橋梁形式:鋼製床板過去桁橋 S=100m)</p>
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) エウア島内の道路網が強化される 2) エウア島の物資や人の移動が容易になる
7.	概算費用	<p>第1案：コストが高すぎるため除外</p> <p>第2案：21億円程度</p> <p>第3案：同上</p>
8.	協力機関	MOI
9.	実施上の留意点	世界銀行の支援でプロジェクトが実施されるという予定、という情報がある。実施に当たっては世界銀行と調整を要する。

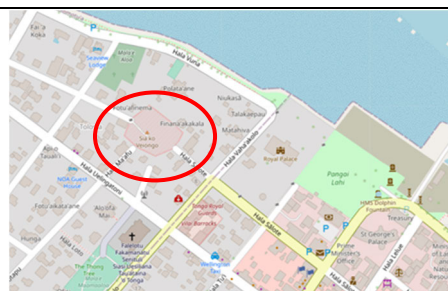


No.	項目	概要
1.	名称	ヴァヴァウ新港の建設
2.	位置	ヴァヴァウ諸島の本島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> 直接受益者：ヴァヴァウ島民 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>2022年1月15日、同国の首都ヌクアロファの北約65kmに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生した。ヴァヴァウ島では幸いにも大きな被害は受けなかったが、噴火を契機にヴァヴァウ島への物資の輸送が再度脚光を浴びることとなった。</p> <p>ヴァヴァウ島には既存の港湾施設はあるものの、海軍と漁港が両側に設置されているため、手狭であり、物資の輸送の障害となっていた。今回の災害を契機に、離島への物資輸送の重要性が再認識され、緊急時の物資輸送に支障が出ないような港湾施設の整備が求められている。</p> <p>ヴァヴァウからは既に要望が出ており、新港の選定についてもすでに進んでいる。本プロジェクトではサイトの選定から開始することとなる。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>新港の選定</p> <p>設計</p> <p>新港の建設と取り付け道路の建設などを含む。</p> <p>新港は民間の貨物と旅客を対象にする。また、観光客も利用できる。</p>
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) ヴァヴァウ島への物資輸送が緊急時も含めて確保される 2) 旅客輸送も確保される 3) ヴァヴァウ島の開発にも貢献することが期待される
7.	概算費用	52億円程度 20億円が港湾施設（旅客ターミナル含む）、道路建設と予備費 32億円
8.	協力機関	MOI、MLNR、PAT
9.	実施上の留意点	新港の選定には自然環境などの環境アセスを慎重に行う必要がある。



No.	項目	概要
1.	名称	船舶点検用スリップウェイの建設
2.	位置	トンガタップ島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> 直接受益者：MoI（海事港湾局） 間接受益者：トンガ国民
		
4.	背景	<p>2022年1月15日、同国の首都ヌクアロファの北約65kmに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。噴火以降にトンガ政府は緊急対応を実施したが、トンガ国は本島のトンガタップ諸島をはじめ4つの諸島から成り立っている。これらの諸島に支援物資を配布するには、港湾施設と船舶が必要である。一方、船舶は定期的なメンテナンスが必要であり、そのための施設はトンガ国には存在しない。多くの場合はニュージーランドなどの施設を使用しているが、そのための時間のロスが大きく、1度メンテナンスに入ると、2-3か月かかることもあり、その間各諸島への物資の輸送は大きく制限を受ける。</p> <p>トンガ国では物資の輸送を船舶により行う必要があるため、早期にメンテナンスを実施できる体制を確保することは、トンガ国の安定的な生活物資の輸送に貢献できると共に、発災後も迅速な対応を確実に進めることが出来る。</p> <p>本プロジェクトではBBBの考え方に基づいて、災害に強い国家建設に資することが期待される。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>中国の調査によるとトンガタップ島内に4か所候補地がある。この調査結果を参考に適地を選定する必要がある。</p> <p>スリップウェイ（65m程度）の建設</p> <p>必要な機材の導入</p> <p>人材育成の実施</p>
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) トンガ国内でメンテナンスできなかった船舶が国内で出来るようになり、大幅にメンテナンス時間が短縮される 2) 海外に支払っていたメンテナンスフィーを国内で支払うことが出来る。 3) メンテナンスの人材が育成される 4) 外国獲得のチャンスが増える
7.	概算費用	30億円（概略）他の太平洋諸国の事例から
8.	協力機関	MOI、MLNR、PAT
9.	実施上の留意点	<p>施設完成後のオペレーションについて事前にMOIに確認する必要がある。</p> <p>環境への負荷がかかるため、環境アセスメントを慎重に行う必要がある。</p>

No.	項目	概要
1.	名称	トンガ防災情報センター
2.	位置	トンガタブ島、王宮西側の高台
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> ● 直接受益者：トンガ国民 ● 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>2022年1月15日、同国の首都ヌクアロファの北約65kmに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生した。今回幸いなことに被害者が居なかったのは、東日本大震災の際の津波の映像をトンガ国民が見ており、その記憶が鮮明に残っていたからという証言がある。バヌアツでも津波の映像上映はとても防災教育上の効果があったという報告もある。</p> <p>今回の災害では噴火直後にニュージーランドから大学教授が現地入りし情報収集を行っていたが、これまでの災害でもトンガ側関係者らが主体的に情報を収集し、分析・評価を行って来た形跡がない。トンガ気象局で収集しているデータも2018年以降からのものしかなく、過去の災害発生時の気象データが無いため災害予測の研究に支障を来している。</p> <p>このように災害に関する情報収集と記録、その防災教育に資する情報提供のための施設と機材の充実が求められる。</p>
5.	プロジェクトの概要	<ul style="list-style-type: none"> ● 自然災害の記録をアーカイブし、国民の防災教育のための防災情報センターの建設（施設は高台に建設し、災害時の避難シェルターとしても活用される） ● 今後発生する災害を記録するための、観測・記録機材の供与（潮位計増設、波浪観測網、地震動計測網、等） ● 災害後の迅速な被害状況情報収集のための機材（長距離観測ドローン、各種分析装置、簡易GPS測量機器、等） ● 収集資料の整理、アーカイブ、公開映像作成のための機材（PC、映像ストレージ）
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 災害直後の被害状況の映像・音声記録が収集される 2) 現地調査により、津波・高潮の遡上高さ、波の厚み、浸水範囲が記録される。 3) 収集された情報を元に、防災教育教材が作成される。 4) 王宮に隣接し、周囲から一段高い高台のため、周辺住民だけでなく、国王の避難場所としても整備される
7.	概算費用	2～4億円程度 情報センターの建物、観測機器、展示用映像作成機器等
8.	協力機関	MLNR、MEIDECC、MET
9.	実施上の留意点	機材を有効利用するための技術移転を行う小規模技プロをセンターの整備、機材供与に合わせて実施する。



No.	項目	概要
1.	名称	津波タワーの建設
2.	位置	トンガタブ島の市街地
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> ● 直接受益者：トンガ国民 ● 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>2022年1月15日、同国の首都ヌクアロファの北約65kmに位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。</p> <p>本災害では火山の噴火に伴い火山性津波が発生して、ヌクアロファ市内でも津波による家屋などの被害が発生した。トンガ国周辺では1月、2月の雨季を中心に1月（20回）、2月（18回）サイクロンが発生している。2020年4月7日から8日にかけてトンガを襲ったサイクロン「ハロルド」はトンガ国に甚大に被害を残した。</p> <p>2018年2月12日、サイクロン「ジータ」が大洋州のトンガ王国に上陸した。サイクロン「ジータ」はトンガ国建国以来最強のサイクロンと言われており、強風と洪水のため家屋などに甚大な被害を残した。</p> <p>加えて、トンガ国では海溝型の地震による津波も記録されている。1860年以降に23回の津波が記録されており、その多くは1m以下と小さく被害もほとんど発生していない。しかしながら、ハイパイ諸島では2.5mの津波が発生したことが記録されている。1977年の地震によって3つの津波が発生したことが記録されている。</p> <p>このようなトンガ国の首都ヌクアロファでは度々災害が発生しており、これまでも多くの被害を経験している。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>ヌクアロファ市内に垂直避難路を確保するために、津波タワーの建設を行う。津波タワーはヌクアロファ市内で避難路の確保が困難な地域や高齢者や障害者など避難が困難な住民が多く居住する地域に建設する。</p> <p>津波タワーの建設に際しては避難計画を十分確認すると共に、平常時の活用についても観光利用なども含めて検討する。</p> <p>津波タワーの建設には日本ですでに建設運用が行われている事例を紹介するとともに、トンガ国の実情を考慮した計画とする。</p> <p>さらに、本プロジェクトはトンガ国が進めるBBBビジョンの具体化にも貢献し、復興のシンボリックな役割を期待する。</p>
6.	期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 津波タワーが建設され、住民の避難が容易になる 2) 津波タワーの建設計画がトンガ側にも共有される 3) 津波計画建設後、避難訓練が行われる
7.	概算費用	5億円程度 津波タワーの建設
8.	協力機関	MLNR、MOI、MEIDECC
9.	実施上の留意点	機材を有効利用するための技術移転を行う小規模技プロをセンターの整備、機材供与に合わせて実施する。

技術協力プロジェクト

No.	項目	概要
1.	名称	トンガ国 BBB ビジョン実現のための防災行政能力強化プロジェクト
2.	位置	トンガタップ諸島の本島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> 直接受益者：C/P 機関職員 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>トンガ国（以下、「トンガ」という。）は、南太平洋のポリネシアに位置する大小 172 の島々からなる島嶼国で、排他的経済水域 700,000km²、陸地面積 720km²、人口約 10.4 万人（2019 年、世界銀行）、一人あたり GNI は 5,000 米ドル（2019 年、世界銀行）である。トンガは、北からニウアス、ヴァヴァウ、ハアパイとトンガタップの 4 つの諸島からなり、そのうち最大島である南部のトンガタップ諸島は、主に首都ヌクアロファのあるトンガタップ島とその南東約 40km に位置するエウア島から構成され、全人口の約 80% 以上が居住している。トンガの主要産業は、農業および漁業の一次産業と観光業が主であり、GDP の約 20% を占めている。年間平均気温 24℃、年間降水量 1,700mm と温暖な気候であるが、毎年サイクロン被害に見舞われるほか、国内に活火山島や海底火山があるため地震等の自然災害が多く、世界リスク報告（2021 年）では、世界で 3 番目に災害被害リスクが高い国とされている。</p> <p>2022 年 1 月 15 日、トンガの首都ヌクアロファの北約 65km に位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。トンガが災害脆弱性において常に世界トップクラスに位置付けられている。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>トンガ政府は JICA の協力のもと、BBB ビジョンを National Spatial Planning Authority (NSPA) の政策として位置付け、今後トンガ国内で実施されるプロジェクトはすべて BBB ビジョンに基づき評価されることとなる。一方トンガ政府では BBB ビジョンに基づいた評価体制の構築を望んでいる。係る状況から、本プロジェクトでは、BBB ビジョンの内容を基として、トンガ国の災害に強い国づくりを進めるにあたり、BBB ビジョンに基づく新規プロジェクトの形成とその評価方法を確立するとともに、今後同じような災害が起こった時に警報の発令と避難が出来る体制の構築を目指す。</p> <p>(1) 上位目標 BBB ビジョンに基づいたプロジェクトの形成及び評価及び実施により、国土の強靱化が図られる</p> <p>(2) プロジェクト目標 BBB ビジョンに基づいた災害リスク削減に資する活動を促進し、防災行政能力が強化される</p>
6.	期待される成果	<p>成果 1：NEMO の防災投資促進のための防災行政能力が強化される</p> <p>成果 2：NSPA の BBB ビジョンレビューのための行政能力が強化される</p> <p>成果 3：BBB ビジョン評価に必要な技術的なガイドライン、マニュアルが整備される</p> <p>成果 4：MIIDEC の早期予警報発令のための防災行政能力が強化される</p>
7.	概算費用	専門家の派遣 85MM 程度 日本国での研修費
8.	協力機関	<p>国家緊急事態管理庁：National Emergency Management Office (NEMO)</p> <p>Ministry of Meteorology, Energy, Information, Disaster Management, Environment, Climate Change and Communications (MEIDECC)</p> <p>インフラ省：Ministry of Infrastructure (MoI)</p> <p>国家空間計画庁：National Spatial Planning Authority (NSPA)</p>
9.	実施上の留意点	複数の政府機関が係わるため、トンガ政府内の調整が頻繁に必要。

No.	項目	概要
1.	名称	トンガ国ハザード監視体制確立のための人材育成
2.	位置	トンガタツプ諸島の本島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> • 直接受益者：C/P 機関職員 • 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>トンガ国（以下、「トンガ」という。）は、南太平洋のポリネシアに位置する大小 172 の島々からなる島嶼国で、排他的経済水域 700,000km²、陸地面積 720km²、人口約 10.4 万人（2019 年、世界銀行）、一人あたり GNI は 5,000 米ドル（2019 年、世界銀行）である。トンガは、北からニウアス、ヴァヴァウ、ハアパイとトンガタツプの 4 つの諸島からなり、そのうち最大島である南部のトンガタツプ諸島は、主に首都ヌクアロファのあるトンガタツプ島とその南東約 40km に位置するエウア島から構成され、全人口の約 80%以上が居住している。トンガの主要産業は、農業および漁業の一次産業と観光業が主であり、GDP の約 20%を占めている。年間平均気温 24℃、年間降水量 1,700mm と温暖な気候であるが、毎年サイクロン被害に見舞われるほか、国内に活火山島や海底火山があるため地震等の自然災害が多く、世界リスク報告（2021 年）では、世界で 3 番目に災害被害リスクが高い国とされている。</p> <p>2022 年 1 月 15 日、トンガの首都ヌクアロファの北約 65km に位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。日本政府はトンガ政府の緊急支援要請を受け、自衛隊と連携した JICA 緊急援助物資の供与を行い、飲料水、食料品、灰除去のための用具、個人防護具等の緊急援助物資の供与を行った。トンガが災害脆弱性において常に世界トップクラスに位置付けられている。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>先の火山噴火ではトンガ国内のハザード監視体制の脆弱さが確認された。特に、災害リスクが高いトンガではハザード毎の監視を行う必要がある。本プロジェクトでは各ハザード監視やモニタリングする専門家を養成することを目標とする。</p> <p>(1) 上位目標 ハザード毎の監視、モニタリングが実施できる</p> <p>(2) プロジェクト目標 ハザードモニタリング体制が整備され、人材が育成される</p>
6.	期待される成果	<p>成果 1：火山災害の監視、モニタリングの人材が育成される</p> <p>成果 2：地震災害の監視、モニタリングの人材が育成される</p> <p>成果 3：津波災害の監視、モニタリングの人材が育成される</p>
7.	概算費用	専門家の派遣 30MM 程度 日本国での研修費
8.	協力機関	TGS、TMS
9.	実施上の留意点	複数の政府機関が係わるため、トンガ政府内の調整が頻繁に必要。

No.	項目	概要
1.	名称	BBB ビジョンに基づいた観光開発
2.	位置	トンガタツ諸島の本島
3.	受益者	<ul style="list-style-type: none"> • 直接受益者：C/P 機関職員 • 間接受益者：トンガ国民
4.	背景	<p>トンガ国（以下、「トンガ」という。）は、南太平洋のポリネシアに位置する大小 172 の島々からなる島嶼国で、排他的経済水域 700,000km²、陸地面積 720km²、人口約 10.4 万人（2019 年、世界銀行）、一人あたり GNI は 5,000 米ドル（2019 年、世界銀行）である。トンガは、北からニウアス、ヴァヴァウ、ハアパイとトンガタツの 4 つの諸島からなり、そのうち最大島である南部のトンガタツ諸島は、主に首都ヌクアロファのあるトンガタツ島とその南東約 40km に位置するエウア島から構成され、全人口の約 80%以上が居住している。トンガの主要産業は、農業および漁業の一次産業と観光業が主であり、GDP の約 20%を占めている。年間平均気温 24℃、年間降水量 1,700mm と温暖な気候であるが、毎年サイクロン被害に見舞われるほか、国内に活火山島や海底火山があるため地震等の自然災害が多く、世界リスク報告（2021 年）では、世界で 3 番目に災害被害リスクが高い国とされている。</p> <p>2022 年 1 月 15 日、トンガの首都ヌクアロファの北約 65km に位置する海底火山フンガトンガ・フンガハアパイで大規模な噴火が発生し、それに伴う地震・津波・降灰により沿岸部での建物の倒壊・浸水、交通・通信インフラ障害等、甚大な被害が発生した。特に東部の観光施設では火山性の津波により壊滅的な被害を被った。また、その他の観光地でも特に沿岸部を中心に被害が発生している。観光産業はトンガ国にとって外貨獲得が出来る重要な産業である。コロナ前には毎年 10 万人前後がトンガ国を訪れている。</p>
5.	プロジェクトの概要	<p>本プロジェクトではトンガ国の重要な産業である観光開発に着目して、ハザードマップにより示された各災害の危険度により、観光開発を実施するエリアを大きく分類するとともに、観光開発の方向性を示す。</p> <p>また、観光開発に必要な施設建設については BBB ビジョンに従って、災害に強い施設建設を行うと共に被災後の外国人観光客の安全確保と避難についても提言を行うと共に、パイロットエリアでの避難訓練なども併せて実施する。</p>
6.	期待される成果	<p>成果 1：トンガ国の観光開発政策を BBB ビジョンに従い見直しを行う</p> <p>成果 2：トンガ国の災害リスクにより観光開発地域のゾーニングが改定される</p> <p>成果 3：災害に強い観光施設の標準図を作成する</p> <p>成果 4：外国人観光客の避難誘導體制が整備される</p>
7.	概算費用	専門家の派遣 40MM 程度 日本国での研修費
8.	協力機関	観光省、NEMO
9.	実施上の留意点	トンガ国の観光産業の育成も必要である。

水質管理の改善（4島共通）

項目	概要
名称	水質管理の改善
対象	TWB トンガタブ本部、各離島支所（ヴァヴァウ島、リフカ島、エウア島）
背景	<p>TWB が水道事業を運営しているトンガタブ本島及び各離島支所では基本的な水質分析機器が整備されておらず、毎日検査の必須項目である濁度、pH、残留塩素等が測定・管理されていない。TWB はトンガタブ島のヌクアロファには水質検査ラボを有するが、測定可能項目は糞便性大腸菌群数、電気伝導度、残留塩素の3項目のみで、唯一のラボの機能としては不十分である。また、離島支所では水質分析機器を有しておらず、ヌクアロファのラボに月1回空輸し、上記3項目の水質検査の結果をメールで受領する体制を採っているが、日常的な水質管理ができていない。</p> <p>トンガ王国の主要な水道水源である地下水水源（淡水レンズ）は、自然災害や気候変動、外部汚染等の環境影響を受けやすく、一度影響を受けると元の状態に戻るためには長期間を要する。そのため、日常から水源水質・給排水質を把握・管理し、自然災害や気候変動による水質への影響を正しく評価することが極めて重要である。特にトンガ王国では地下水水源の塩水化リスクの増大に伴い水源管理の重要性が増しているが、その基本となるのは水質管理である。</p> <p>以上の経緯を踏まえ、本件では『水質管理の強化』を目的に、水質検査ラボの整備と水質管理の能力育成を小規模無償資金協力として提案する。</p>
プロジェクトの概要	<p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水質検査ラボの整備 <p>機材供与：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水質検査機器（日常項目） ● 記録・分析用の OA 機器 <p>ソフトコンポーネント：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水質管理の指導（水質試験・データ分析、マニュアル整備等）
概算費用	約 0.4 億円
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 給排水質の改善 2) 日常的な水質管理の改善 3) 自然災害や気候変動等に起因する水質異常の把握と対応の迅速化
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> ● ラボの建屋は新規建設でなく既存施設を有効活用し、TWB 事務所又はワークショップの1室をラボとして整備することを想定。 ● 定期検査項目は外部委託での水質分析を想定するが、実際に導入する水質分析機器については委託先の能力やコストを踏まえて精査する。 ● 水質分析技術の習得と効果の持続性を確保するため、整備した水質検査ラボを利用したソフト面の支援を想定。

被災時の応急復旧の強化（4島共通）

項目	概要
名称	応急復旧の強化支援
対象	TWB トンガタブ本部、各離島支所（ヴァヴァウ島、リフカ島、エウア島）
背景	<p>2022年1月15日の海底火山噴火・津波によりヌクアロファの沿岸部265戸、エウア島の57戸、リフカ島の25戸の給水管が損傷を受け、また、火山灰の堆積により取水ポンプ、電気盤、発電機の故障が発生した。さらに、海底ケーブルの遮断により通信網に大きな障害が発生し、離島の水道施設の被災状況が把握できず、水道システムの復旧に約2週間を要した。上記の他、トンガ王国では過去に大規模地震やサイクロンも多く発生しており、配水本管が破損し長期的な断水に陥る潜在的なリスクを有している。そのため、大規模災害発生時の水道システムの被災状況の早期把握及び復旧が大きな課題といえる。</p> <p>以上の背景を踏まえ、本件では『水道システムの応急復旧の強化』を目的に、ワークショップの整備と必要な資機材の供与、応急復旧に係る能力育成を小規模無償資金協力として提案する。</p>
プロジェクトの概要	<p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> • ワークショップの整備 <p>機材供与：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 修理用の各種設備 • スペアパーツ等の水道資機材 • 小型発電機 • 衛生電話（被災時のコミュニケーション手段として） • 記録・管理用PC <p>ソフトコンポーネント：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 設備使用方法、水量管理の指導
概算費用	約1.0億円
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 災害発生時の各島の水道施設の被災状況の早期把握 2) 応急復旧期間の短縮 3) 水量管理の改善と被災時の水供給への影響箇所の早期把握
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> • トンガタブ島・ヴァヴァウ島は既存ワークショップの改修、リフカ島、エウア島は新規建設を想定するため用地取得の調査が必要。 • 供与資機材については、使用目的、仕様、数量等の精査が必要。 • 効果の持続性を確保するため、整備したワークショップを利用したソフト面の支援を想定。 • 別途、JOCV または専門家派遣による「応急復旧」に関する技術支援を検討。

自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタブ島）

項目	概要
名称	自然災害に対する水道システムの強靱化（その1）（新規水源開発及び関連水道施設の整備）
対象	トンガタブ島
背景	<p>トンガタブ島にはトンガ王国の全人口の約 74%（7 万 4,454 人）が集中しており、TWB は地下水（淡水レンズ）を水道水源とし、首都ヌクアロファを中心に、そのうちの約 60%に水道サービスを提供している。</p> <p>2022 年 1 月 15 日に発生した海底火山噴火では、トンガタブ島全体で電力の供給が停止した。TWB の給水エリアでは非常用発電機を備えていたため給水への影響は発生しなかったが、周辺の村落給水では取水ポンプの停電により給水が停止し、住民が水を求めて TWB が運営するマタキエウア配水場に殺到した。その際、TWB は現地で住民に対して直接給水を実施したため、市内への水供給が逼迫する事態となった。今回の被災経験から TWB は自然災害時の水道システムの冗長性を確保することの重要性を強く認識することとなった。</p> <p>以上の経緯を踏まえ、本件では「自然災害に対する水道システムの強靱化」を目的とし、新規水源開発による水道水源の複数化と既存配水池への連絡管の整備を提案する。なお、新規水源の候補地としては、10m 以上の厚さの淡水レンズが期待できる島の南東部のファアモツが有力視されている。</p>
プロジェクトの概要	<p>基礎調査：</p> <ul style="list-style-type: none"> 水源調査、地下水観測井の設置 <p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> 取水井戸の新設（7 箇所×訳 400m³/日、電磁流量計各 1 箇所を含む） 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） 配水池の新設（V = 1,000 m³） 導水管の布設（L = 5 km、新規水源～新配水池） 送水管の布設（L = 25 km、新配水池～マタキエウア配水池） 配水管の布設（L = 15 km、周辺村落の TWB 水道への統合） 電磁流量計の設置（7 箇所：配水池、配水本管、送水管等への設置） <p>ソフトコンポーネント：</p> <ul style="list-style-type: none"> 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約 28.2 億円（基礎調査 0.8 億円＋施設建設 24.65 億円＋ソフコン 0.15 億円＋コンサル料 2.6 億円）
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 自然災害発生時の水需要増加に対する緊急時対応の改善 2) 塩水化の影響を受けにくい水源の開発による水道サービスの長期的安定性の向上 3) TWB の地下水資源管理能力の向上 4) 運営が脆弱な村落給水の TWB 水道への統合による水道サービスの改善 5) 給水エリア拡張による TWB の収益改善
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> 新規水源開発や配水池・管路の建設については用地取得の詳細調査が必要。 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 別途、被災時の新規水源の運用を含む「応急給水」に関する技術支援、地下水資源管理の能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCV または専門家派遣による支援を想定。

項目	概要
名称	自然災害に対する水道システムの強靱化（その2）（バイパス連絡管の整備）
対象	トンガタブ島
背景	<p>トンガタブ島にはトンガ王国の全人口の約 74%（7 万 4,454 人）が集中しており、TWB は地下水（淡水レンズ）を水道水源とし、首都ヌクアロファを中心に、そのうちの約 60%に水道サービスを提供している。</p> <p>TWB の水道は、マタキエウアの取水井戸群から高台にある近隣の配水池に揚水し、塩素消毒後に配水しているが、現在の配水システムは 2001 年に本邦無償資金協力「ヌクアロファ上水道整備計画」により整備された配水管網がベースとなっている。一方、配水場からの配水本管 φ500 mm が一部単一管となっており、同配管が自然災害時に破断した場合、ヌクアロファ市内全域が断水となる潜在的なリスクが存在する。仮に断水となった場合、トンガタブ島最大の病院であるヴァイオラ国立病院への給水が不可能となり、被災時の医療活動に支障を来す恐れがある。トンガ王国では過去に大規模地震やサイクロンも多く発生しており、配水本管が破損した場合、長期的な断水に陥る可能性も考えられる。</p> <p>以上の理由から、本件では配水本管が破断した場合でも配水可能とするため、「緊急時の配水ルートの確保」を目的としたバイパス連絡管の整備を提案する。</p>
プロジェクトの概要	<p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● バイパス連絡管の布設（L = 5.5 km、φ300～φ500mm） ● 電磁流量計の設置（1 箇所）
概算費用	約 5.0 億円（施設建設 4.55 億円＋コンサル料 0.45 億円）
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 自然災害など緊急時の配水ルートの確保 2) 常時の配水ルートが複数化されることによる既存給水エリアの給水水圧の改善
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> ● 計画地周辺は道路交通量が多いと想定されるため、事業の実施に際しては交通障害及び騒音・振動に配慮する必要がある。 ● 別途、JOCV または専門家派遣による、被災時のバイパス連絡管の運用を含む「応急給水」に関する技術支援を検討。



図 1 案件概要図 自然災害に対する水道システムの強靱化（トンガタプ島）

水道水源の塩水化への対応（ヴァヴァウ島）

項目	概要
名称	気候変動による水道水源の塩水化への対応（その1）
対象	ヴァヴァウ島
背景	<p>ヴァヴァウ島はトンガ王国で随一の観光産業の拠点として今後の発展が見込まれており、TWB はヴァヴァウ島の中心地ネイアフで水道事業を運営している。ネイアフ近傍の TWB の生産井では塩水化の進行が認められ、水源（淡水レンズ）及び給水水質の双方において WHO の飲料水基準値である電気伝導度 1,500μS/cm を超過している。また、近年の気候変動によるエル・ニーニョの発生頻度の増加とそれに伴う降雨量の大幅な減少、海面水位の上昇等により水源の塩水化リスクが増大しており、水道水源の塩水化への対応が喫緊の課題となっている。（※過去のエル・ニーニョ発生に伴い降雨量が減少した際には 5,000μS/cm 以上を記録している）。一方、既存水源地の北部（Prison Area 近傍）の地下水は、淡水レンズが厚く電気伝導度にして 500μS/cm 前後であり新規水源地として高いポテンシャルを有する。</p> <p>以上を踏まえ、本件では「気候変動による水道水源の塩水化への対応」を目的として、既存水源の運用に加え新規水源開発を併せた水道水源の複数化と水源管理の強化を提案する。</p>
プロジェクトの概要	<p>基礎調査：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水源調査、地下水観測井の設置 <p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 取水井戸の新設（7 箇所×約 400m²/日、電磁流量計各 1 箇所を含む） ● 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） ● 配水池の新設（V = 1,000 m³） ● 導水管の布設（L = 3 km、新規水源～新配水池） ● 送水管の布設（L = 10 km、新配水池～既設配水池） ● 配水管の布設（L = 16 km、周辺村落への給水拡張、AC 管更新） ● 電磁流量計の設置（7 箇所：配水池、配水本管、送水管等への設置） <p>ソフトコンポーネント：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約 14.2 億円（基礎調査 0.5 億円＋施設建設 12.3 億円＋ソフコン 0.1 億円＋コンサル料 1.3 億円）
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 1) 取水位置の分散による既存水源の塩水化の防止 2) 水源複数化による水道システムの冗長性の確保 3) 塩水化の影響を受けにくい水源の開発と水道サービスの長期的安定性の向上 4) TWB の地下水資源管理能力の向上 5) 給水水質の改善 6) 運営が脆弱な村落給水の TWB 水道への統合による水道事情の改善 7) 給水エリア拡張による TWB の収益改善 8) 安全な水道サービスの安定的な提供による観光需要の享受
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> ● 新規水源開発や配水池や管路の建設については用地取得の詳細調査が必要。 ● 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 ● 別途、地下水源管理の能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCV または専門家派遣による支援を想定。

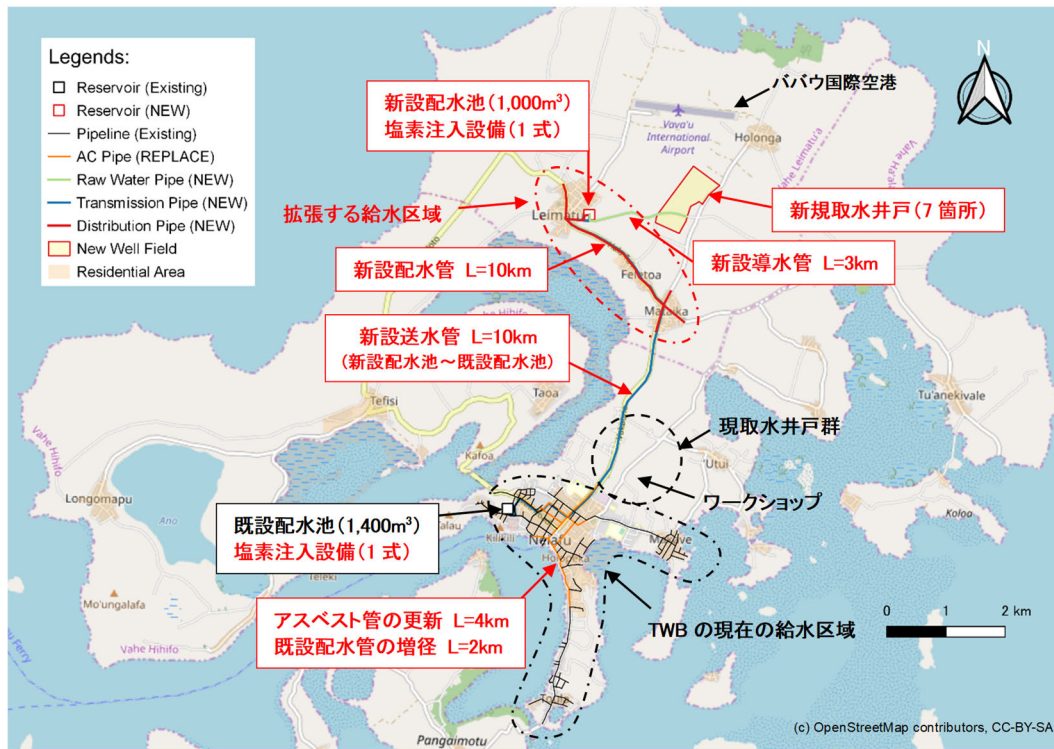


図 2 案件概要図 水道水源の塩水化への対応 (ヴァヴァウ島)

気候変動による水道水源の塩水化への対応（リフカ島）

項目	概要
名称	気候変動による水道水源の塩水化への対応（その2）
対象	リフカ島
背景	<p>ハアパイ諸島に属するリフカ島は、トンガ王国の中でも地下水の塩水化が最も進行した地域にあたり、TWBの既存水源の多くは、WHOが定める飲料水限界を大きく超えている。さらに利用可能な地下淡水層（淡水レンズ）の分布域は西海岸からわずか200～600mの範囲に留まり、厚さは最大約9mしかないため、地下水涵養が減少する乾期には、深刻な水不足が慢性化している。</p> <p>中・長期的な観点からは、IPCC第6次評価レポート（2021）によると、トンガ王国では海面水位が2100年までに0.28～1.01m上昇すると報告されている。これによりリフカ島のように低平な島では、サイクロンの強度化などと相まって高潮被害などのリスクも高まっており、淡水レンズの塩水化や既往の給水施設への影響がますます懸念されている。</p> <p>以上を踏まえ、本件では「気候変動による水道水源の塩水化への対応」を目的として塩水化の影響を軽減するための新規水源の開発と地下管理の強化を提案する。新規水源の候補地としては、海岸から離れた現配水場近傍または、パンガイ地区北部が有力視されている。</p>
プロジェクトの概要	<p>基礎調査：</p> <ul style="list-style-type: none"> 水源調査、地下水観測井の設置 <p>施設建設：</p> <ul style="list-style-type: none"> 既存浄水場近傍またはパンガイ地区の新規水源開発（3箇所） 太陽光発電システム、非常用発電システムの整備（新規水源） 導水管の布設（L=2km、新規水源～既存配水場） 電磁流量計の設置（1箇所） <p>ソフトコンポーネント：</p> <ul style="list-style-type: none"> 施設の運転維持管理、水源管理の指導
概算費用	約3.1億円（基礎調査0.3億円＋施設建設2.45億円＋ソフコン0.05億円＋コンサル料0.3億円）
期待される成果	<ol style="list-style-type: none"> 塩水化の影響を受けにくい水源の開発と水道サービスの長期的安定性の向上 気候変動を誘因とする自然災害に対する給水施設の被害軽減 TWBの地下水資源管理能力の向上 給水水質の改善
実施上の留意点	<ul style="list-style-type: none"> 新新規水源開発や管路の建設については用地取得や補償の詳細調査が必要。 地下水位が浅いため新規水源施設建設に当たっては地下水汚染への対策が必要。 供与機材は、その使用目的や効果を精査し、仕様、数量の検討が必要。 別途、地下水資源管理能力強化のための「水源管理」に関する技術支援を検討。JOCVまたは専門家派遣による支援を想定。

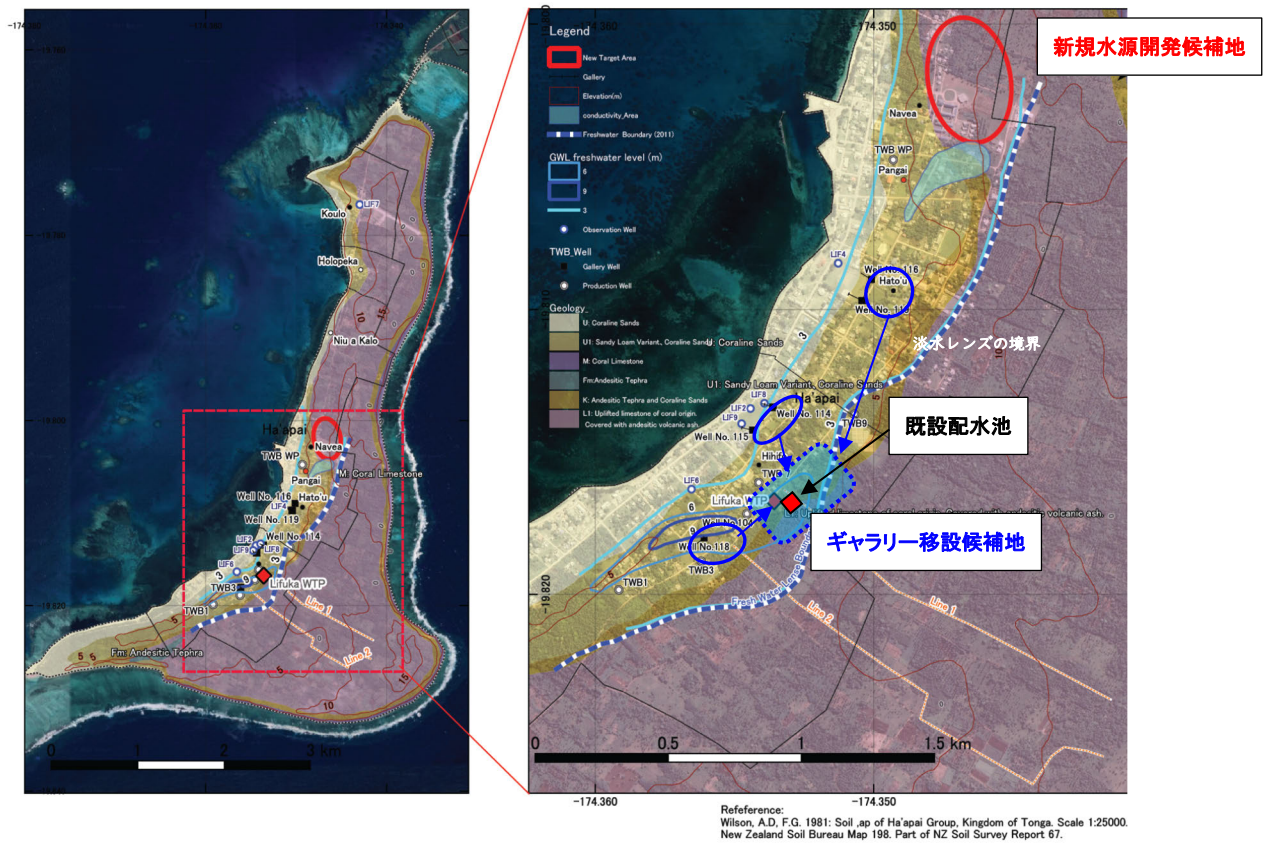


図 3 案件概要図 水道水源の塩水化への対応（リフカ島）

トンガ王国

トンガ王国

火山噴火及び津波被害に対する災害復興 事業形成に係る情報収集・確認調査

ファイナルレポート

(Appendix 3-2 : 津波高潮解析)

2023年10月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
パシフィックコンサルタンツ株式会社

環境

JR

23-097

トンガ王国

トンガ王国

火山噴火及び津波被害に対する災害復興 事業形成に係る情報収集・確認調査

ファイナルレポート

(Appendix 3-2 : 津波高潮解析)

2023年10月

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル
パシフィックコンサルタンツ株式会社

目 次

目次

図・表リスト

略語集

ページ

1. 概要	1
1.1 目的	1
1.2 検討方針	1
1.2.1 国内支援委員会での検討	1
1.2.2 国内支援委員会を受けた検討方針	1
1.3 対象区域	2
2. 津波解析	3
2.1 検討フロー	3
2.2 エウア島地形データ作成	3
2.3 広域モデル作成	4
2.4 広域モデル再現計算	6
2.4.1 解析モデル	6
2.4.2 波源モデル	8
2.4.3 計算条件	9
2.5 広域モデル再現性の評価	10
2.6 火山性津波解析	11
2.6.1 火山を波源とした津波解析	11
2.6.2 防潮堤に対する解析	166
2.7 地震性津波解析	316
2.7.1 地震断層を波源とした津波解析	316
2.7.2 防潮堤に対する解析	375
2.8 ハザードレベルの検討	375
2.8.1 津波解析結果に基づいたハザードレベルの検討	375
2.9 ハザードレベル2の津波の解析	377
3. 高潮解析	383
3.1 検討フロー	383
3.2 高潮再現計算	384
3.2.1 潮位偏差の分析	384
3.2.2 解析方法	386
3.2.3 解析結果	389
3.3 再現性の評価	392
3.3.1 再現性の検討	392

3.3.2	ヌクアロファにおいて厳しい条件となるサイクロンの特徴.....	394
3.4	簡易高潮計算及び確率偏差の算定.....	395
3.4.1	確率高潮偏差の検討.....	395
3.5	高潮将来予測計算.....	399
3.5.1	ハザードレベルの検討.....	399
3.5.2	ハザードレベル2の高潮・津波検討.....	400
3.6	防潮堤に対する解析.....	408
3.6.1	防潮堤条件.....	408
4.	マルチハザードマップの作成.....	409
4.1	作成方法.....	409
4.2	津波（火山性・地震性津波）・高潮の最大包絡ハザードマップ.....	413
5.	波形の整理.....	414
5.1	火山性津波の波形.....	414

図リスト

	ページ
図 1.3.1	調査対象地域位置図 2
図 2.1.1	津波解析の実施フロー図 3
図 2.2.1	使用する地形データ 4
図 2.3.1	モデル領域図 5
図 2.3.2	地形データ 6
図 2.4.1	津波波源の設定イメージ図 9
図 2.5.1	計算結果と実績浸水範囲の比較結果（1秒（30m）メッシュの計算結果） 10
図 2.5.2	津波水位時系列の観測値と計算値の比較結果（1秒（30m）メッシュの計算結果） 11
図 2.6.1	トンガ周辺の過去の火山噴火の頻度の整理結果 12
図 2.6.2	計算対象火山位置図 13
図 2.6.3	最大水位分布（Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=30m） 15
図 2.6.4	最大水位分布（Unnamed1, H=30m） 15
図 2.6.5	最大水位分布（HomeReef, H=30m） 15
図 2.6.6	最大水位分布（Lateiki, H=30m） 15
図 2.6.7	最大水位分布（Fonuafo’ou H=60m） 16
図 2.6.8	最大水位分布（Unnamed2, H=30m） 16
図 2.6.9	最大水位分布（Unnamed3, H=30m） 16
図 2.6.10	最大水位分布（Unnamed4, H=30m） 16
図 2.6.11	最大水位分布（Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=60m） 17
図 2.6.12	最大水位分布（Unnamed1, H=60m） 17
図 2.6.13	最大水位分布（HomeReef, H=60m） 17
図 2.6.14	最大水位分布（Lateiki, H=60m） 17
図 2.6.15	最大水位分布（Fonuafo’ou, H=60m） 18
図 2.6.16	最大水位分布（Unnamed2, H=60m） 18
図 2.6.17	最大水位分布（Unnamed3, H=60m） 18
図 2.6.18	最大水位分布（Unnamed4, H=30m） 18
図 2.6.19	最大水位分布（Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=90m） 19
図 2.6.20	最大水位分布（Unnamed1, H=90m） 19
図 2.6.21	最大水位分布（HomeReef, H=90m） 19
図 2.6.22	最大水位分布（Lateiki, H=90m） 19
図 2.6.23	最大水位分布（Fonuafo’ou, H=90m） 20
図 2.6.24	最大水位分布（Unnamed2, H=90m） 20
図 2.6.25	最大水位分布（Unnamed3, H=90m） 20
図 2.6.26	最大水位分布（Unnamed4, H=90m） 20
図 2.6.27	最大水位分布図（Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=30m） 21

図 2.6.28	最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m)	22
図 2.6.29	最大水位分布図 (HomeReef, H=30m)	23
図 2.6.30	最大水位分布図 (Lateiki, H=30m)	24
図 2.6.31	最大水位分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	25
図 2.6.32	最大水位分布図 (Unamed2, H=30m)	26
図 2.6.33	最大水位分布図 (Unamed3, H=30m)	27
図 2.6.34	最大水位分布図 (Unamed4, H=30m)	28
図 2.6.35	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	29
図 2.6.36	最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m)	30
図 2.6.37	最大水位分布図 (HomeReef, H=60m)	31
図 2.6.38	最大水位分布図 (Lateiki, H=60m)	32
図 2.6.39	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	33
図 2.6.40	最大水位分布図 (Unamed2, H=60m)	34
図 2.6.41	最大水位分布図 (Unamed3, H=60m)	35
図 2.6.42	最大水位分布図 (Unamed4, H=30m)	36
図 2.6.43	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	37
図 2.6.44	最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m)	38
図 2.6.45	最大水位分布図 (HomeReef, H=90m)	39
図 2.6.46	最大水位分布図 (Lateiki, H=90m)	40
図 2.6.47	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	41
図 2.6.48	最大水位分布図 (Unamed2, H=90m)	42
図 2.6.49	最大水位分布図 (Unamed3, H=90m)	43
図 2.6.50	最大水位分布図 (Unamed4, H=90m)	44
図 2.6.51	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)	45
図 2.6.52	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m)	46
図 2.6.53	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m)	47
図 2.6.54	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m)	48
図 2.6.55	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	49
図 2.6.56	最大浸水深分布図 (Unamed2, H=30m)	50
図 2.6.57	最大浸水深分布図 (Unamed3, H=30m)	51
図 2.6.58	最大浸水深分布図 (Unamed4, H=30m)	52
図 2.6.59	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	53
図 2.6.60	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m)	54
図 2.6.61	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m)	55
図 2.6.62	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m)	56
図 2.6.63	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	57
図 2.6.64	最大浸水深分布図 (Unamed2, H=60m)	58
図 2.6.65	最大浸水深分布図 (Unamed3, H=60m)	59
図 2.6.66	最大浸水深分布図 (Unamed4, H=60m)	60
図 2.6.67	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	61

図 2.6.68	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m)	62
図 2.6.69	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m)	63
図 2.6.70	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m)	64
図 2.6.71	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	65
図 2.6.72	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=90m)	66
図 2.6.73	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=90m)	67
図 2.6.74	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=90m)	68
図 2.6.75	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)	69
図 2.6.76	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m)	70
図 2.6.77	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m)	71
図 2.6.78	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m)	72
図 2.6.79	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	73
図 2.6.80	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m)	74
図 2.6.81	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=30m)	75
図 2.6.82	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m)	76
図 2.6.83	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	77
図 2.6.84	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m)	78
図 2.6.85	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m)	79
図 2.6.86	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m)	80
図 2.6.87	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	81
図 2.6.88	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m)	82
図 2.6.89	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m)	83
図 2.6.90	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m)	84
図 2.6.91	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	85
図 2.6.92	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m)	86
図 2.6.93	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m)	87
図 2.6.94	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m)	88
図 2.6.95	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	89
図 2.6.96	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m)	90
図 2.6.97	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m)	91
図 2.6.98	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m)	92
図 2.6.99	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)	93
図 2.6.100	最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m)	94
図 2.6.101	最大水位分布図 (HomeReef, H=30m)	95
図 2.6.102	最大水位分布図 (Lateiki, H=30m)	96
図 2.6.103	最大水位分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	97
図 2.6.104	最大水位分布図 (Unnamed2, H=30m)	98
図 2.6.105	最大水位分布図 (Unnamed3, H=30m)	99
図 2.6.106	最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m)	100
図 2.6.107	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	101

図 2.6.108	最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m)	102
図 2.6.109	最大水位分布図 (HomeReef, H=60m)	103
図 2.6.110	最大水位分布図 (Lateiki, H=60m)	104
図 2.6.111	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	105
図 2.6.112	最大水位分布図 (Unamed2, H=60m)	106
図 2.6.113	最大水位分布図 (Unamed3, H=60m)	107
図 2.6.114	最大水位分布図 (Unamed4, H=30m)	108
図 2.6.115	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	109
図 2.6.116	最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m)	110
図 2.6.117	最大水位分布図 (HomeReef, H=90m)	111
図 2.6.118	最大水位分布図 (Lateiki, H=90m)	112
図 2.6.119	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	113
図 2.6.120	最大水位分布図 (Unamed2, H=90m)	114
図 2.6.121	最大水位分布図 (Unamed3, H=90m)	115
図 2.6.122	最大水位分布図 (Unamed4, H=90m)	116
図 2.6.123	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)	117
図 2.6.124	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m)	118
図 2.6.125	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m)	119
図 2.6.126	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m)	120
図 2.6.127	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	121
図 2.6.128	最大浸水深分布図 (Unamed2, H=30m)	122
図 2.6.129	最大浸水深分布図 (Unamed3, H=30m)	123
図 2.6.130	最大浸水深分布図 (Unamed4, H=30m)	124
図 2.6.131	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	125
図 2.6.132	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m)	126
図 2.6.133	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m)	127
図 2.6.134	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m)	128
図 2.6.135	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	129
図 2.6.136	最大浸水深分布図 (Unamed2, H=60m)	130
図 2.6.137	最大浸水深分布図 (Unamed3, H=60m)	131
図 2.6.138	最大浸水深分布図 (Unamed4, H=30m)	132
図 2.6.139	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	133
図 2.6.140	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m)	134
図 2.6.141	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m)	135
図 2.6.142	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m)	136
図 2.6.143	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	137
図 2.6.144	最大浸水深分布図 (Unamed2, H=90m)	138
図 2.6.145	最大浸水深分布図 (Unamed3, H=90m)	139
図 2.6.146	最大浸水深分布図 (Unamed4, H=90m)	140
図 2.6.147	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)	141

図 2.6.148	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m)	142
図 2.6.149	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m)	143
図 2.6.150	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m)	144
図 2.6.151	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m)	145
図 2.6.152	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m)	146
図 2.6.153	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=30m)	147
図 2.6.154	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m)	148
図 2.6.155	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)	149
図 2.6.156	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m)	150
図 2.6.157	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m)	151
図 2.6.158	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m)	152
図 2.6.159	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)	153
図 2.6.160	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m)	154
図 2.6.161	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m)	155
図 2.6.162	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m)	156
図 2.6.163	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)	157
図 2.6.164	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m)	158
図 2.6.165	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m)	159
図 2.6.166	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m)	160
図 2.6.167	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)	161
図 2.6.168	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m)	162
図 2.6.169	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m)	163
図 2.6.170	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m)	164
図 2.6.171	代表地点における最大津波水位の比較結果 (H=30m)	165
図 2.6.172	既設護岸位置図	166
図 2.6.173	日本援助護岸の設計区分位置図	167
図 2.6.174	日本援助護岸の標準断面図 (A 区間、B 区間)	167
図 2.6.175	日本援助護岸の標準断面図 (C 区間、D 区間、E 区間)	168
図 2.6.176	防潮堤配置の設定 (1)	169
図 2.6.177	防潮堤配置の設定 (2)	170
図 2.6.178	防潮堤配置の設定 (3)	171
図 2.6.179	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	172
図 2.6.180	最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	173
図 2.6.181	最大水位分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	174
図 2.6.182	最大水位分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	175
図 2.6.183	最大水位分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	176
図 2.6.184	最大水位分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	177
図 2.6.185	最大水位分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	178
図 2.6.186	最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	179

図 2.6.187	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	180
図 2.6.188	最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	181
図 2.6.189	最大水位分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	182
図 2.6.190	最大水位分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	183
図 2.6.191	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	184
図 2.6.192	最大水位分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	185
図 2.6.193	最大水位分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	186
図 2.6.194	最大水位分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	187
図 2.6.195	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	188
図 2.6.196	最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	189
図 2.6.197	最大水位分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	190
図 2.6.198	最大水位分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	191
図 2.6.199	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	192
図 2.6.200	最大水位分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	193
図 2.6.201	最大水位分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	194
図 2.6.202	最大水位分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	195
図 2.6.203	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	196
図 2.6.204	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	197
図 2.6.205	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	198
図 2.6.206	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	199
図 2.6.207	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	200
図 2.6.208	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	201
図 2.6.209	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	202
図 2.6.210	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	203
図 2.6.211	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	204
図 2.6.212	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	205
図 2.6.213	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	206
図 2.6.214	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	207
図 2.6.215	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	208
図 2.6.216	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	209
図 2.6.217	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	210
図 2.6.218	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	211
図 2.6.219	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	212
図 2.6.220	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	213
図 2.6.221	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	214

図 2.6.222	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	215
図 2.6.223	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	216
図 2.6.224	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	217
図 2.6.225	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	218
図 2.6.226	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	219
図 2.6.227	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	220
図 2.6.228	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	221
図 2.6.229	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	222
図 2.6.230	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	223
図 2.6.231	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	224
図 2.6.232	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	225
図 2.6.233	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	226
図 2.6.234	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	227
図 2.6.235	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	228
図 2.6.236	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	229
図 2.6.237	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	230
図 2.6.238	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	231
図 2.6.239	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	232
図 2.6.240	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	233
図 2.6.241	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	234
図 2.6.242	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	235
図 2.6.243	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	236
図 2.6.244	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	237
図 2.6.245	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	238
図 2.6.246	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	239
図 2.6.247	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	240
図 2.6.248	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	241
図 2.6.249	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	242
図 2.6.250	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+3.0m)	243
図 2.6.251	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	244
図 2.6.252	最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	245
図 2.6.253	最大水位分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	246
図 2.6.254	最大水位分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	247
図 2.6.255	最大水位分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	248
図 2.6.256	最大水位分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	249
図 2.6.257	最大水位分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	250

図 2.6.258	最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	251
図 2.6.259	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	252
図 2.6.260	最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	253
図 2.6.261	最大水位分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	254
図 2.6.262	最大水位分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	255
図 2.6.263	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	256
図 2.6.264	最大水位分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	257
図 2.6.265	最大水位分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	258
図 2.6.266	最大水位分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	259
図 2.6.267	最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	260
図 2.6.268	最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	261
図 2.6.269	最大水位分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	262
図 2.6.270	最大水位分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	263
図 2.6.271	最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	264
図 2.6.272	最大水位分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	265
図 2.6.273	最大水位分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	266
図 2.6.274	最大水位分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	267
図 2.6.275	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	268
図 2.6.276	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	269
図 2.6.277	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	270
図 2.6.278	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	271
図 2.6.279	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	272
図 2.6.280	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	273
図 2.6.281	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	274
図 2.6.282	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	275
図 2.6. 283	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	276
図 2.6.284	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	277
図 2.6.285	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	278
図 2.6.286	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	279
図 2.6.287	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	280
図 2.6.288	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	281
図 2.6.289	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	282
図 2.6.290	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	283
図 2.6.291	最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	284
図 2.6.292	最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	285

図 2.6.293	最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	286
図 2.6.294	最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	287
図 2.6.295	最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	288
図 2.6.296	最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	289
図 2.6.297	最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	290
図 2.6.298	最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	291
図 2.6.299	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	292
図 2.6.300	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	293
図 2.6.301	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	294
図 2.6.302	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	295
図 2.6.303	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	296
図 2.6.304	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	297
図 2.6.305	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	298
図 2.6.306	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	299
図 2.6.307	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	300
図 2.6.308	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	301
図 2.6.309	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	302
図 2.6.310	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	303
図 2.6.311	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	304
図 2.6.312	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	305
図 2.6.313	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	306
図 2.6.314	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	307
図 2.6.315	津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	308
図 2.6.316	津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	309
図 2.6.317	津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	310
図 2.6.318	津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	311
図 2.6.319	津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	312
図 2.6.320	津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	313
図 2.6.321	津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	314
図 2.6.322	津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m 対策護岸 M.S.L.+4.0m)	315
図 2.7.1	トンガ周辺の大規模地震発生位置 (1913 年～2022 年)	316
図 2.7.2	震源位置図	318
図 2.7.3	断層パラメータの概念図	319
図 2.7.4	USGS の Earthquake Catalog の例	320
図 2.7.5	断層位置の設定例	321
図 2.7.6	断層面積と地震モーメントの関係式.....	321
図 2.7.7	断層深さと断層幅、長さの関係	322

図 2.7.8	平均すべり量の算定式	322
図 2.7.9	1976/1/14 発生地震の震源位置及び余震分布.....	324
図 2.7.10	地盤変動量分布 (1976/1/14 発生地震)	325
図 2.7.11	2006/5/3 発生地震の震源位置及び余震分布①.....	326
図 2.7.12	地盤変動量分布 (2006/5/3 発生地震) ①.....	327
図 2.7.13	2006/5/3 発生地震の震源位置及び余震分布②.....	328
図 2.7.14	地盤変動量分布 (2006/5/3 発生地震) ②.....	329
図 2.7.15	2009/9/29 発生地震の震源位置及び余震分布.....	330
図 2.7.16	地盤変動量分布 (2009/9/29 発生地震)	331
図 2.7.17	2018/8/19 発生地震の震源位置及び余震分布.....	332
図 2.7.18	地盤変動量分布 (2018/8/19 発生地震)	333
図 2.7.19	2021/3/4 発生地震の震源位置及び余震分布.....	334
図 2.7.20	地盤変動量分布 (2021/3/4 発生地震)	335
図 2.7.21	最大水位分布 (Fault1976)	337
図 2.7.22	最大水位分布 (Fault2006-1)	337
図 2.7.23	最大水位分布 (Fault2006-2)	337
図 2.7.24	最大水位分布 (Fault2009)	337
図 2.7.25	最大水位分布 (Fault2018)	338
図 2.7.26	最大水位分布 (Fault2021)	338
図 2.7.27	最大水位分布図 (Fault 1976)	339
図 2.7.28	最大水位分布図 (Fault 2006-1)	340
図 2.7.29	最大水位分布図 (Fault 2006-2)	341
図 2.7.30	最大水位分布図 (Fault 2009)	342
図 2.7.31	最大水位分布図 (Fault 2018)	343
図 2.7.32	最大水位分布図 (Fault 2021)	344
図 2.7.33	最大浸水深分布図 (Fault 1976)	345
図 2.7.34	最大浸水深分布図 (Fault 2006-1)	346
図 2.7.35	最大浸水深分布図 (Fault 2006-2)	347
図 2.7.36	最大浸水深分布図 (Fault 2009)	348
図 2.7.37	最大浸水深分布図 (Fault 2018)	349
図 2.7.38	最大浸水深分布図 (Fault 2021)	350
図 2.7.39	津波到達時間分布図 (Fault 1976)	351
図 2.7.40	津波到達時間分布図 (Fault 2006-1)	352
図 2.7.41	津波到達時間分布図 (Fault 2006-2)	353
図 2.7.42	津波到達時間分布図 (Fault 2009)	354
図 2.7.43	津波到達時間分布図 (Fault 2018)	355
図 2.7.44	津波到達時間分布図 (Fault 2021)	356
図 2.7.45	最大水位分布図 (Fault 1976)	357
図 2.7.46	最大水位分布図 (Fault 2006-1)	358
図 2.7.47	最大水位分布図 (Fault 2006-2)	359

図 2.7.48	最大水位分布図 (Fault 2009)	360
図 2.7.49	最大水位分布図 (Fault 2018)	361
図 2.7.50	最大水位分布図 (Fault 2021)	362
図 2.7.51	最大浸水深分布図 (Fault 1976)	363
図 2.7.52	最大浸水深分布図 (Fault 2006-1)	364
図 2.7.53	最大浸水深分布図 (Fault 2006-2)	365
図 2.7.54	最大浸水深分布図 (Fault 2009)	366
図 2.7.55	最大浸水深分布図 (Fault 2018)	367
図 2.7.56	最大浸水深分布図 (Fault 2021)	368
図 2.7.57	津波到達時間分布図 (Fault 1976)	369
図 2.7.58	津波到達時間分布図 (Fault 2006-1)	370
図 2.7.59	津波到達時間分布図 (Fault 2006-2)	371
図 2.7.60	津波到達時間分布図 (Fault 2009)	372
図 2.7.61	津波到達時間分布図 (Fault 2018)	373
図 2.7.62	津波到達時間分布図 (Fault 2021)	374
図 2.7.63	地震性津波の水位の比較	375
図 2.8.1	ヌクアロファにおける津波のハザードレベルの分類.....	376
図 2.8.2	オホヌアにおける津波のハザードレベルの分類.....	377
図 2.9.1	トンガタブ島・エウア島に影響が大きい火山.....	378
図 2.9.2	トンガタブ島浸水想定図 (火山性津波ハザードレベル 2)	378
図 2.9.3	エウア島浸水想定図 (火山性津波ハザードレベル 2)	379
図 2.9.4	初期水位分布 (SOPAC M8.7 の地震: トンガ海溝中央 (トンガタブ島の東))	380
図 2.9.5	トンガタブ島浸水想定図 (地震性津波ハザードレベル 2)	381
図 2.9.6	トンガタブ・エウア島浸水想定図 (地震性津波ハザードレベル 2)	382
図 3.1.1	高潮解析フロー	383
図 3.2.1	高潮潮位偏差 (1991-2021, ヌクアロファ)	385
図 3.2.2	計算対象のサイクロンコース	386
図 3.2.3	STOC の概要	387
図 3.2.4	計算地形モデル (高潮)	388
図 3.2.5	サイクロンジータ (2018) の再現計算結果.....	389
図 3.2.6	サイクロンハロルド (2020) の再現計算結果.....	390
図 3.2.7	サイクロンレネー (2010) の再現計算結果.....	390
図 3.2.8	サイクロンリン (2009) の再現計算結果.....	391
図 3.2.9	サイクロンアイザック (1982) の再現計算結果.....	391
図 3.3.1	サイクロンジータ (2018) の再現計算結果.....	392
図 3.3.2	サイクロンハロルド (2020) の再現計算結果.....	392
図 3.3.3	サイクロンレネー (2010) の再現計算結果.....	393
図 3.3.4	サイクロンリン (2009) の再現計算結果.....	393
図 3.3.5	サイクロンアイザック (1982) の再現計算結果.....	394

図 3.3.6	対象サイクロンのコースの比較	395
図 3.4.1	確率潮位偏差算定のために抽出したサイクロンのコース (1947~1990)	396
図 3.4.2	極値統計結果グラフ (確率高潮潮位偏差)	398
図 3.5.1	ヌクアロファにおける高潮のハザードレベルの分類.....	399
図 3.5.2	最大クラスのサイクロン想定コース.....	401
図 3.5.3	トンガタブ島浸水想定図 (高潮ハザードレベル2: 最大旋衡半径コース)	403
図 3.5.4	トンガタブ島浸水想定図 (高潮ハザードレベル2: 直上コース)	404
図 3.5.5	各シナリオでの海面上昇量	405
図 3.5.6	海面上昇時の浸水想定図 (高潮ハザードレベル2: 最大旋衡半径コース)	406
図 3.5.7	海面上昇時の浸水想定図 (高潮ハザードレベル2: 直上コース)	407
図 3.6.1	現況護岸の設定	408
図 3.6.2	嵩上げ護岸の設定 (M.S.L.+3.0m に嵩上げ)	408
図 3.6.3	防潮堤効果の比較 (アイザック)	409
図 4.1.1	トンガタブ島 津波ハザードマップ (火山性津波)	410
図 4.1.2	エウア島 津波ハザードマップ (火山性津波)	410
図 4.1.3	津波ハザードマップ (地震性津波)	411
図 4.1.4	高潮ハザードマップ	412
図 4.1.5	津波 (火山性・地震性津波)・高潮ハザードマップ.....	413
図 5.1.1	波形出力点位置図 (全体図)	414
図 5.1.2	波形出力点 (トンガタブ島、エウア島)	414
図 5.1.3	波形出力点 (HA'APAI 諸島)	415
図 5.1.4	波形出力点 (VAVA'U 諸島)	415

表リスト

	ページ
表 2.3.1	モデル領域諸元 5
表 2.4.1	再現計算条件 9
表 2.6.1	トンガ周辺の火山一覧 12
表 2.6.2	数値解析ケース 14
表 2.7.1	過去の大規模地震一覧 317
表 2.7.2	設定する断層パラメータ 319
表 2.7.3	震源付近の媒質の剛性率 323
表 2.7.4	断層パラメータ (1976/1/14 発生地震) 324
表 2.7.5	断層パラメータ (2006/5/3 発生地震) ① 326
表 2.7.6	断層パラメータ (2006/5/3 発生地震) ② 328
表 2.7.7	断層パラメータ (2009/9/29 発生地震) 330
表 2.7.8	断層パラメータ (2018/8/19 発生地震) 332
表 2.7.9	断層パラメータ (2021/3/4 発生地震) 334
表 2.7.10	数値解析ケース 336
表 2.8.1	各ハザードレベルの強度・頻度および対策 375
表 2.9.1	トンガタブ島・エウア島で浸水範囲・浸水深が卓越するケース (海底火山名) 377
表 3.1.1	数値計算ケース 384
表 3.2.1	気象擾乱別潮位偏差一覧表 385
表 3.2.2	計算対象のサイクロン選定結果 386
表 3.2.3	計算条件 (高潮) 388
表 3.2.4	数値解析ケース 389
表 3.4.1	確率潮位偏差算定のために抽出したサイクロン (1947~1990) 395
表 3.4.2	計算条件 (確率潮位偏差算定用) 396
表 3.4.3	各サイクロンの潮位偏差の計算結果 397
表 3.4.4	極値統計入力値 397
表 3.4.5	極値統計結果 (確率高潮潮位偏差) 398
表 3.5.1	H.W.L.時のヌクアロファにおける確率高潮偏差 400
表 3.5.2	既存護岸の設計諸元概要 400
表 3.5.3	計算条件 (ハザードレベル 2 高潮) 402
表 3.5.4	ヌクアロファにおける海面上昇時の H.W.L. (SSP1-2-6) 405

略語集

略語	名称	和訳
SOPAC	South Pacific Applied Geoscience Commission	南太平洋応用地球科学委員会
STOC	Storm Surge and Tsunami Simulator in Oceans and Costal Areas	高潮津波シミュレーター
USGS	United States Geological Survey	アメリカ地質調査所
VEI	Volcanic Explosivity Index	火山爆発指数
HTHH	Hunga Tonga-Hunga Ha‘apai	フンガトンガ・フンガハアパイ
JNAP	Joint National Action Plan on Climate Change and Disaster Risk Management	国家合同行動計画
M.S.L	Mean Sea Level	平均海面水位
H.W.L	High Water Level	朔望平均満潮位

1. 概要

1.1 目的

本業務はトンガ王国（以下、「トンガ」と呼ぶ）において津波解析、高潮解析を行い、ハザードを評価することを目的とする。

1.2 検討方針

本業務で行う津波解析、高潮解析は学識者で構成された国内支援委員会の検討結果を引き継いで実施する。

1.2.1 国内支援委員会での検討

国内支援委員会での検討範囲は次の通りである。本検討では、下記学識者の検討結果を引き継いで、津波解析・高潮解析を実施する。

<津波解析>

① 今回波源による海岸までの津波到達解析

※到達時間が合わない点は衝撃波の影響とする可能性がある。その場合は、有識者の（山体崩壊量を変えた≒波源の規模を変えた）検討結果と合わせた形で説明をする可能性がある。

② ①の結果を受けてトンガタプ島への遡上解析

③ 今回噴火による波源の強さや火山位置を変えた津波解析（島への遡上解析含む）

※ HTHH 火山で、波源の規模を変えて数ケースを実施（の可能性）。

※ 将来的に JICA 業務で行うべき、「津波解析：15 火山×複数パターン」、の複数パターンについては、有識者からアドバイスをいただく。

※ 他の 15 火山の噴火の頻度（確率）と崩壊の規模（モード）については有識者に確認。それぞれの火山に関して、最悪想定レベルのモードは検討できる可能性があり要確認。

<高潮解析>

④ 50 年-100 年確率のサイクロン規模（気候変動影響を考慮した規模と海面上昇）

⑤ トンガタプ島への高潮解析（1982 年 Isaac、2018 年 Gita）

⑥ トンガタプ島への遡上計算（1982 年 Isaac、2018 年 Gita）

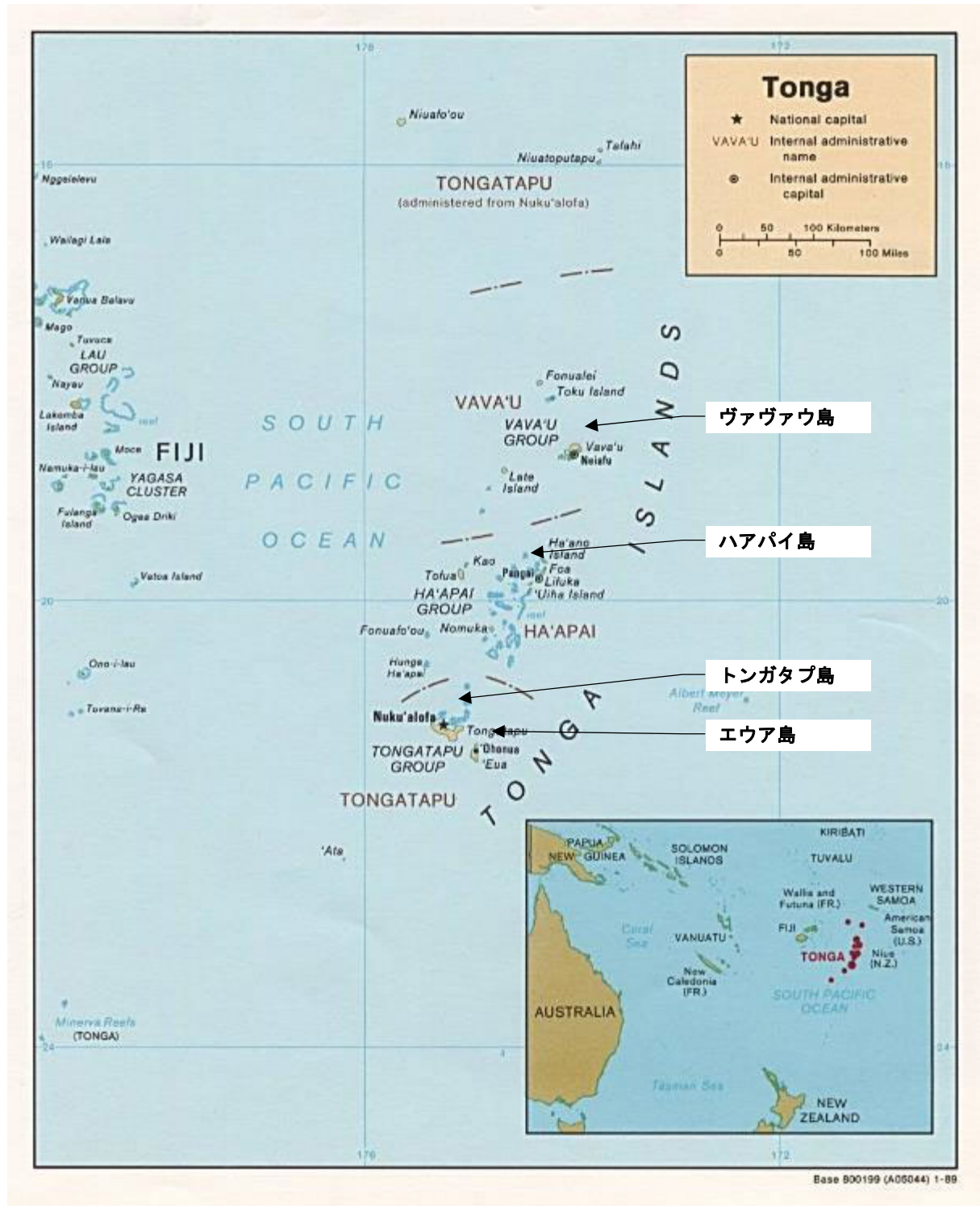
1.2.2 国内支援委員会を受けた検討方針

学識者の検討を受けた本検討における検討方針を以下に示す。

- トンガタプ島及びエウア島において、津波・高潮災害の量的評価（浸水範囲・浸水深等）を行い、今後必要な対策を検討する。
- トンガ全体に対しては、一般的な沿岸防災計画としての提言を行う程度にとどめ、島の対策計画の提案までは行わない。

1.3 対象区域

津波解析・高潮解析の対象区域を図 1.3.1 に示す。解析対象はトンガ全域とするが、詳細なメッシュサイズで検討を行うのは、トンガタブ島、エウア島の2島とする。



出典： The map collection of the Perry–Castañeda Library (PCL) of the University of Texas at Austin, https://maps.lib.utexas.edu/maps/islands_oceans_poles/tonga.jpg

図 1.3.1 調査対象地域位置図

2. 津波解析

2.1 検討フロー

津波解析の実施フローを図 2.1.1 に示す。

本業務では、火山性津波と地震性津波を対象として、Level1¹（火山性津波、地震性津波 M8 程度）、Level2（火山性津波、地震性津波 M8-9 以上）の津波規模を設定し、津波解析を実施する。



出典：JICA 調査団作成

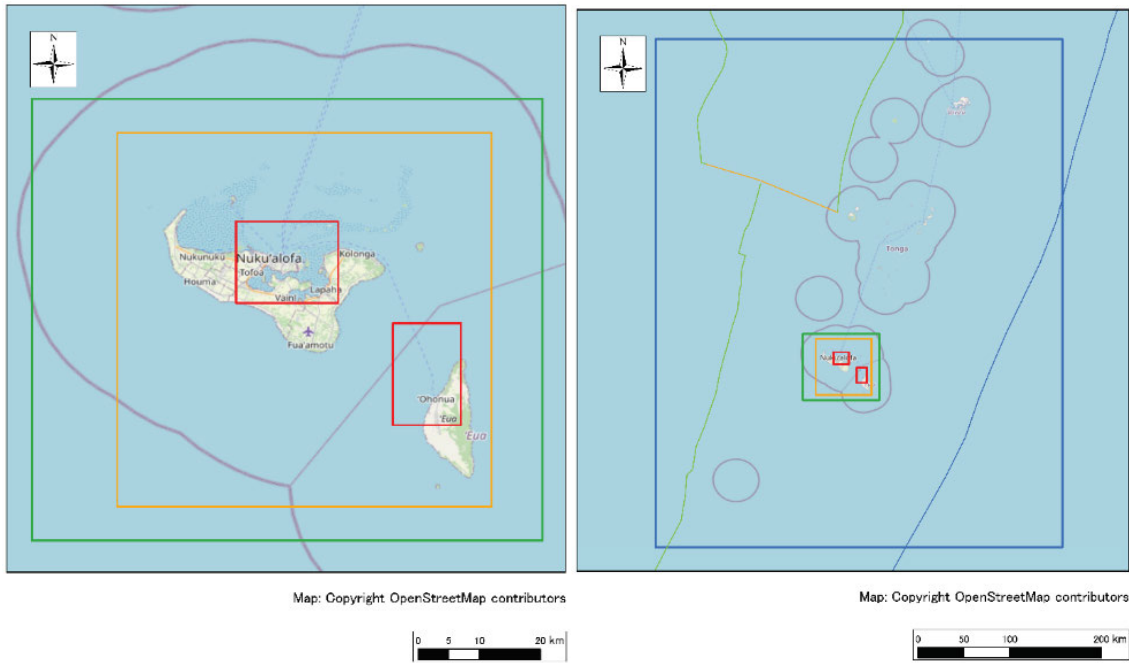
図 2.1.1 津波解析の実施フロー図

2.2 エウア島地形データ作成

国内支援委員会から提供されたデータ及び別途トンガより収集した地形データ資料より、トンガタブ島を中心として作成された津波解析モデルにエウア島を含む計算データを作成する。トンガより収集した地形データ等は発注者より貸与されたものを使用する。

国内支援委員会から提供された地形データを図 2.2.1 に示す。このデータを基本として、エウア島を含むよう、領域の拡張を行う。拡張範囲の標高は、NASA のスペースシャトル搭載レーダによる標高データ（SRTM：Shuttle Rader Topography Mission）による 1 秒メッシュ地形データを使用する。浅海域の水深は発注者より提供された深浅測量データを使用し、沖合の水深は大洋水深総図（GEBCO：General Bathymetric Chart of the Oceans）の水深データを使用して作成する。

¹ 津波の Level 1, Level2 の設定に関しては、2.8.1 津波解析結果に基づいたハザードレベルの検討参照。



出典：JICA 調査団作成

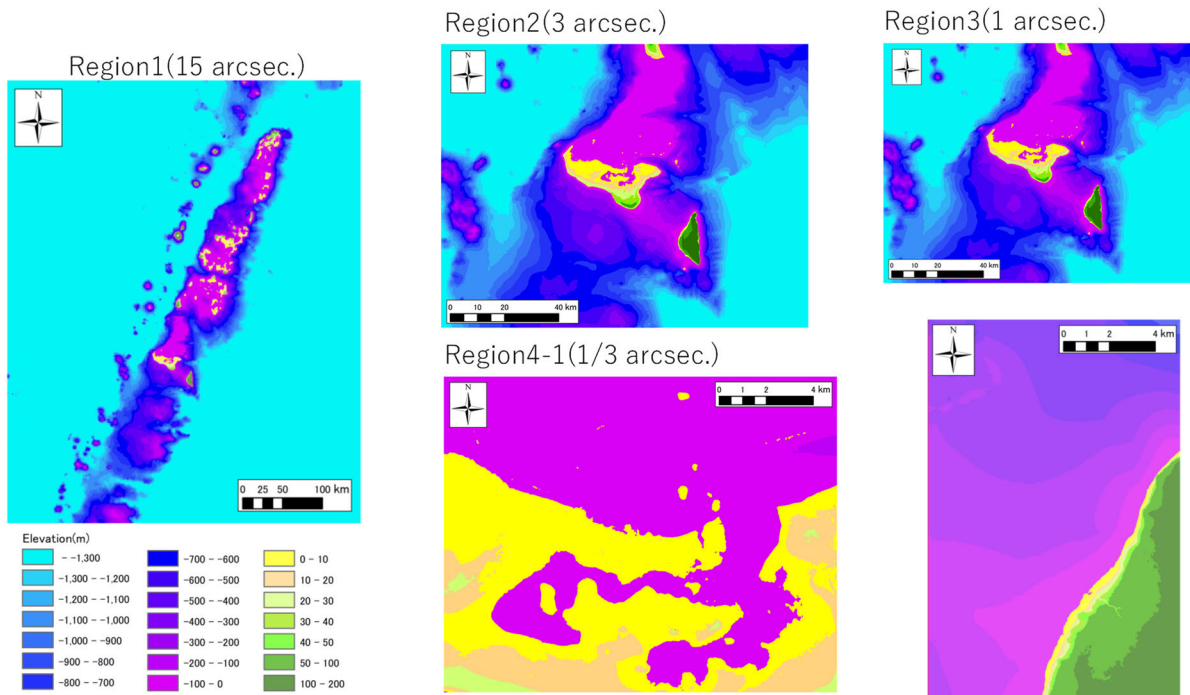
図 2.3.1 モデル領域図

表 2.3.1 モデル領域諸元

Region	Coordinate, degree			Size, pixel			Mesh size
	West	South	East	North	Width	Height	
Region1	-177	-23	-173	-18	960	1200	15 arcsec. (450m)
Region2	-175.55	-21.55	-174.8	-20.9	900	780	3 arcsec. (90m)
Region3	-175.43	-21.5	-174.88	-20.95	1980	1980	1 arcsec. (30m)
Region4-1	-175.25	-21.2	-175.1	-21.08	1620	1296	1/3 arcsec. (10m)
Region4-2	-175.02	-21.38	-174.92	-21.23	1080	1620	1/3 arcsec. (10m)

出典：JICA 調査団作成

作成した各領域の地形データを図 2.3.2 に示す。



出典：JICA 調査団作成

図 2.3.2 地形データ

2.4 広域モデル再現計算

作成した広域モデルで 2022 年 1 月の噴火による津波の再現計算を行う。解析モデルは、STOC を用いる。基本となる STOC-ML² モデルについては、国内支援委員会の中央大学有川教授より提供されたモデルを使用した。

2.4.1 解析モデル

STOC-ML は、津波による流体運動を計算するための、静水圧近似を使用した準三次元モデルである。沖合の津波では静水圧近似が良い近似となることが従来の研究により分かっているため、太平洋などを伝播する津波の計算には STOC-ML を適用する。

STOC-ML では、ポアラスを考慮した 3 次元の連続の式、運動量保存式 (Navier-Stokes 方程式) を基礎式とする。ポアラス値はメッシュの解像度以下の地形を表現するために使用される。球面座標を導入した場合に、地球の半径 R は水深によらず一定とすることとし、経度を ϕ 、緯度を θ 、経度方向速度成分を u (東向きを正とする)、緯度方向速度成分を v とする (北向きを正とする)。球面座標系における STOC-ML の基礎式を以下に示す。

² Tomita and Kakinuma: "Development of Storm Surge and Tsunami Numerical Simulator STOC Considering 3-Dimensionality of Seawater Flow and Its Application to Tsunami Analysis", Report of Port Airport Research Institute, Vol44, pp.83-98, 2005.

(1) 連続の式

$$\frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} (\gamma_x u) + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\gamma_y v \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial z} (\gamma_z w) = 0 \dots\dots\dots (2.4.1)$$

(2) 運動量保存式

1) 経度方向(東向き正)

$$\begin{aligned} & \gamma_v \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} (\gamma_x u u) + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\gamma_y u v \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial z} (\gamma_z u w) \\ & - \gamma_v 2\Omega \sin \theta v \\ & = -\gamma_v \frac{1}{\rho} \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial p}{\partial \phi} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(\gamma_x v_H \frac{2}{R \cos \theta} \frac{\partial u}{\partial \phi} \right) \dots\dots\dots (2.4.2) \\ & + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left\{ \gamma_y v_H \cos \theta \left(\frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial \theta} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial v}{\partial \phi} \right) \right\} \\ & + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_V \left(\frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial w}{\partial \phi} \right) \right\} \end{aligned}$$

2) 緯度方向(北向きを正)

$$\begin{aligned} & \gamma_v \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} (\gamma_x v u) + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\gamma_y v v \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial z} (\gamma_z v w) \\ & + \gamma_v 2\Omega \sin \theta u \\ & = -\gamma_v \frac{1}{\rho} \frac{1}{R} \frac{\partial p}{\partial \theta} + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \left\{ \gamma_x v_H \left(\frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial v}{\partial \phi} + \frac{1}{R} \frac{\partial u}{\partial \theta} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.4.3) \\ & + \frac{1}{R \cos \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\gamma_y v_H \cos \theta \frac{2}{R} \frac{\partial v}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ \gamma_z v_V \left(\frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{R} \frac{\partial w}{\partial \theta} \right) \right\} \end{aligned}$$

ここで、

- D : 全水深 [m] ($= \eta + h$)
- f_0 : コリオリパラメータ [1/s] ($= 2\Omega \sin \theta$)
- g : 重力加速度 [m/s^2] (≈ -9.8)
- h : 計算セル内の水の厚さの比 (以下、層厚比と呼ぶ) [-]
- H : 水深 [m]
- p : 圧力 [Pa]
- p_{atm} : 大気圧 [Pa]
- R : 地球の半径 [m] (楕円体ではなく球体と仮定する)
- u : 流速の x 方向成分 [m/s]
- v : 流速の y 方向成分 [m/s]
- w : 流速の z 方向成分 [m/s]

- ϕ : 経度 [rad] (東向きを正とする)
- γ_v : ポーラス値 (有効体積率) [-] ($0 \leq \gamma_v \leq 1$)
- $\gamma_x, \gamma_y, \gamma_z$: ポーラス値 (方向別の面透過率) [-] ($0 \leq \gamma_x, \gamma_y \leq 1, \gamma_z = 1$)
- η : 水位[m]
- ν_H : 水平方向の動粘性係数 [m^2/s]
- ν_V : 鉛直方向の動粘性係数 [m^2/s]
- Ω : 地球の自転速度 [1/s]
- θ : 緯度 [rad] (北向きを正とする)
- ρ : 海水の密度 [kg/m^3]

である。

STOC-ML では、z 方向の運動量保存式は解かずに、連続の式から W を計算する（連続の式に u, v を代入することにより、海底面から上側に向かって順に積分計算していく）。

また、STOC-ML では静水圧を仮定するため、圧力は水面からの鉛直方向の距離の関数として表され、

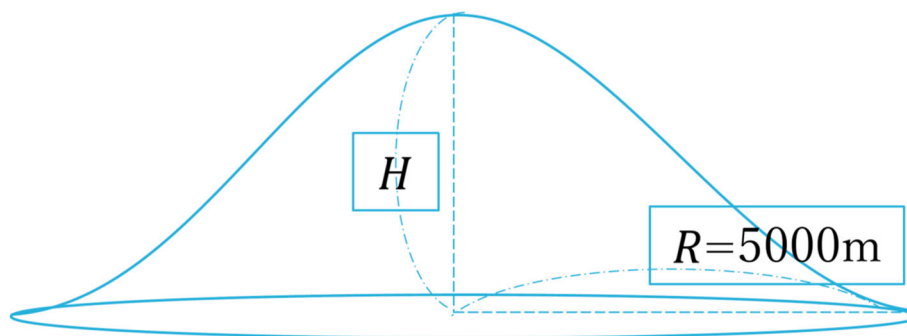
$$p(z) = p_{atm} - \rho g(\eta - z) \dots\dots\dots(2.4.4)$$

となる。

出典：STOC ユーザーマニュアル

2.4.2 波源モデル

本業務では火山性津波の波源モデルとして、コーン型の津波波源を設定する（図 2.4.1）。国内支援委員会による検討結果に基づき、2022 年 1 月の Hunga-Tonga Hunga-Ha'apai 火山噴火による津波高を再現できるよう、コーンの形状はサインカーブを仮定し、半径を 5km、水位上昇量の最大値を 30m とする。国内支援委員会の検討において、水位上昇量の最大値 30m は、ヌクアロファの潮位観測波形と最も再現性が高い条件である。ヌクアロファ島全体の浸水範囲については、H=30~90m としたケース全体で再現できるとされている。



R : distance from the burst center [m]

H : Maximum rise [m]

出典：国内支援委員会メンバー資料

図 2.4.1 津波波源の設定イメージ図

2.4.3 計算条件

再現計算の計算条件を表 2.4.1 に示す。

表 2.4.1 再現計算条件

項目	計算条件
メッシュ構成	Region1 (15 秒 (約 450m) メッシュ) : トンガトレンチ周辺
	Region2 (3 秒 (約 90m) メッシュ) : トンガタブ島、エウア島周辺
	Region3 (1 秒 (約 30m) メッシュ) : トンガタブ島、エウア島周辺
解析手法	STOC-ML (Tomita and Kakinuma, 2005) ³
対象津波	2022 年 1 月 15 日 Hunga Tonga-Hunga Ha'apai 火山で発生した噴火に伴う津波
波源	中央大学モデル
	(Hunga Tonga-Hunga Ha'apai 火山の位置に、半径 5km、最大水位上昇量 30m の波源を設定)
地形条件	東北大学の地形データを基に、90m メッシュ領域、30m メッシュ領域にエウア島の範囲を追加
潮位条件	M.S.L.+0m
計算時間	地震発生後 : 5 時間
	時間解像度 : 最小 0.01sec
その他	構造物 : 無し

出典：JICA 調査団作成

³ Tomita and Kakinuma: "Development of Storm Surge and Tsunami Numerical Simulator STOC Considering 3-Dimensionality of Seawater Flow and Its Application to Tsunami Analysis", Report of Port Airport Research Institute, Vol44, pp.83-98, 2005.

2.5 広域モデル再現性の評価

前項の計算結果から、トンガタブ島の浸水範囲、遡上高と比較して再現性を評価する。計算結果と実績浸水範囲との比較結果を図 2.5.1 に示す。一部、計算結果による浸水範囲が過大な箇所もあるが、ヌクアロファ市街地周辺の浸水範囲は概ね再現できている。



□ : 実績浸水範囲

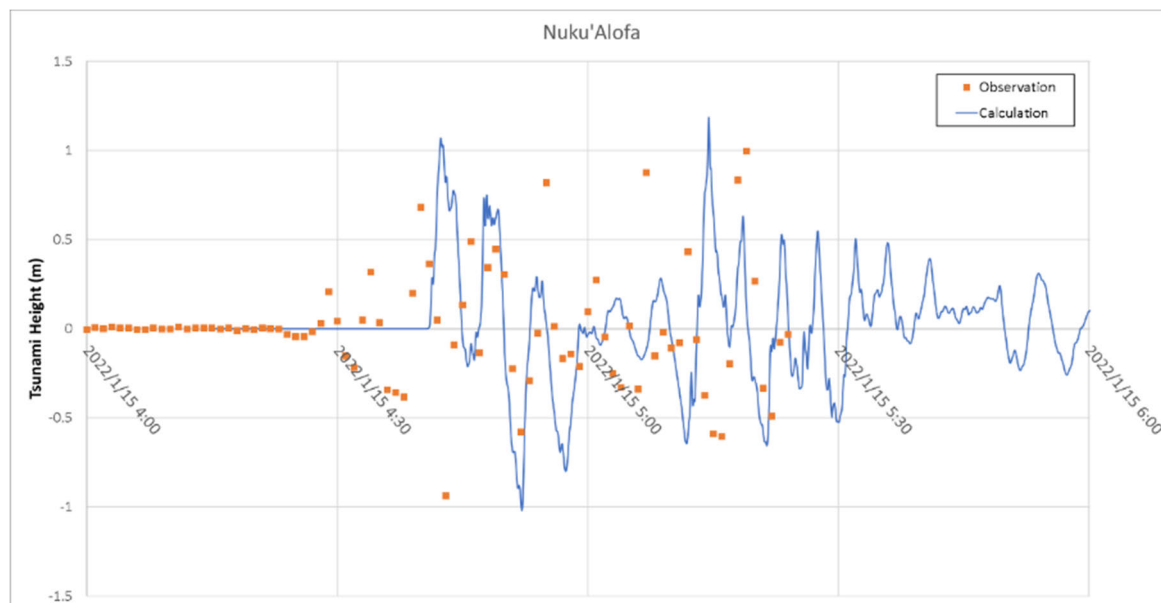


□ : 実績浸水範囲

出典：JICA 調査団作成

図 2.5.1 計算結果と実績浸水範囲の比較結果（1秒（30m）メッシュの計算結果）

また、Nuku'Alofaの検潮所における津波水位時系列の観測値と計算値との比較結果を図2.5.2に示す。津波水位のピークの大きさは概ね再現できている。



出典：JICA 調査団作成

図 2.5.2 津波水位時系列の観測値と計算値の比較結果（1秒（30m）メッシュの計算結果）

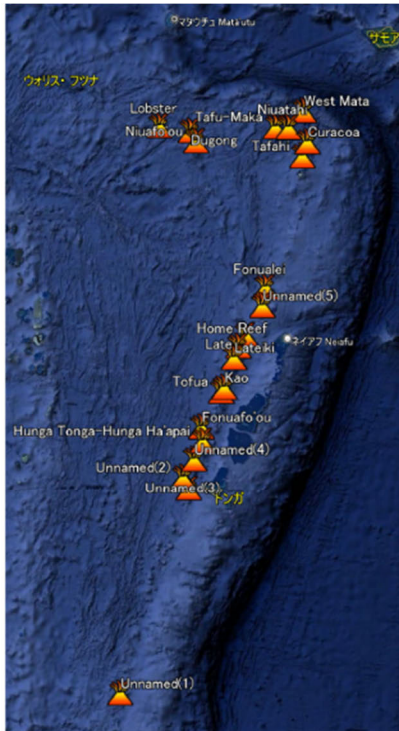
2.6 火山性津波解析

2.6.1 火山を波源とした津波解析

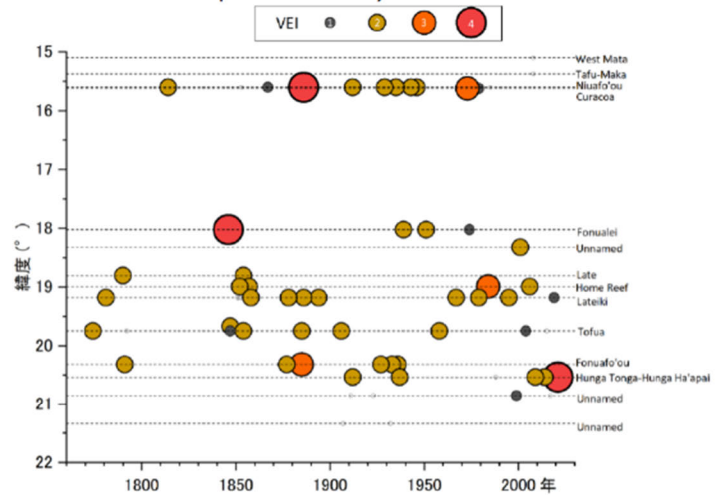
トンガタブ島・エウア島近傍の火山・海底火山 8 火山を対象に火山性津波の計算を行う。

(1) 対象火山

過去の火山噴火の発生頻度と規模については、国内支援委員会メンバーにより整理されている（図 2.6.1）。これによると約 200 年の間に今回の噴火と同程度の火山噴火（VEI3 以上）が 6 回発生しており、今後も同規模の火山噴火が発生する可能性がある。



Evaluate the eruption activity of 21 Holocene volcanoes* based on their eruption history.



- 5 eruptions with VEI 3 or higher and 38 with VEI 2 since the 19th century
- Hazards caused by past eruptions above VEI 3 should be estimated as equivalent to the 2022 Hunga Tonga-Hunga Ha'apai eruption.
- Eruptions affects residential areas are judged to occur more than once every 100 years.

出典：国内支援委員会資料

図 2.6.1 トンガ周辺の過去の火山噴火の頻度の整理結果

また、トンガ周辺の火山の一覧を表 2.6.1 に示す。これから 21 火山中 9 火山が海中火山となっており、火山性津波の発生可能性は高いと言える。本業務では、これらの海底火山のうち、沖合の 15 秒メッシュ領域内に含まれ、トンガタブ島への影響が大きいと考えられる 8 火山を対象として津波解析を実施する。計算対象とする火山位置を図 2.6.2 に示す。

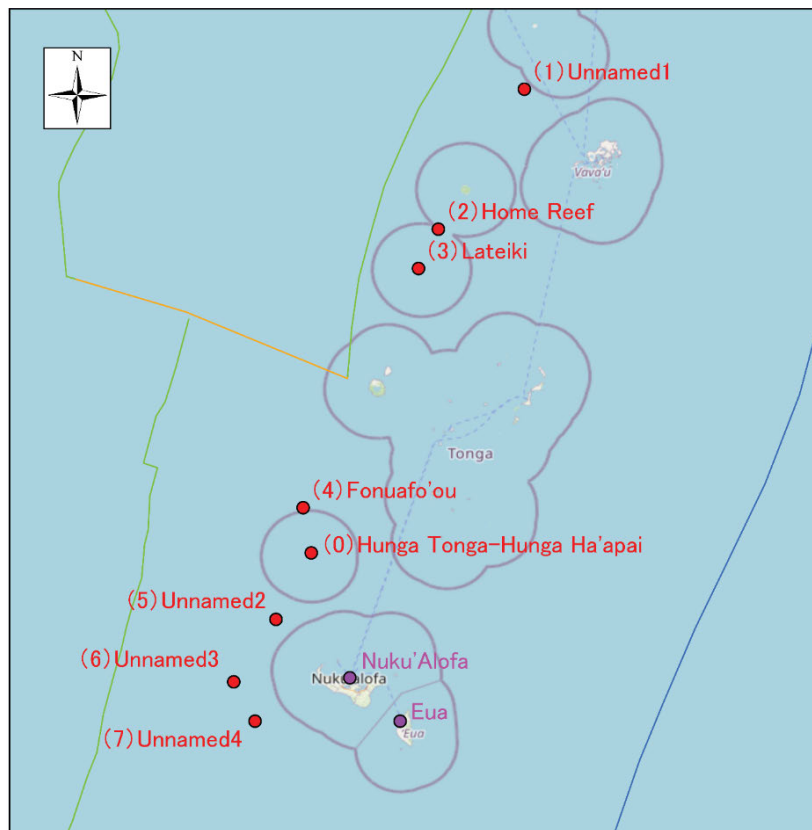
表 2.6.1 トンガ周辺の火山一覧

Volcano Name	Location	Last Eruption	Primary Volcano Type	lat (degree)	long (degree)	Elevation (m)
Lobster	Northwest Lau Basin	Unknown - Evidence Uncertain	submarine	15.333 S	176.283 W	-1500
Dugong	Northwest Lau Basin	Unknown - Evidence Uncertain	submarine	15.431 S	175.725 W	-1170
Niuafou	Tonga Ridge	1985 CE	shield	15.6 S	175.63 W	260
Tafu-Maka	Northwest Lau Basin	2008 CE	submarine	15.37 S	174.23 W	-1400
Niuatahi	Northwest Lau Basin(Tonga)	Unknown - Unrest / Holocene	caldera	15.379 S	174.003 W	-1270
West Mata	Tonga Ridge	2009 CE	submarine	15.1 S	173.75 W	-1174
Tafahi	Tonga Ridge	Unknown - Evidence Uncertain	stratovolcano	15.85 S	173.72 W	560
Curacao	Tonga Ridge	1979 CE	submarine	15.62 S	173.67 W	-33
Fonualei	Tonga Ridge	1957 CE	stratovolcano	18.023 S	174.317 W	188
Unnamed1	Tonga Ridge	2001 CE	submarine	18.325 S	174.365 W	-40

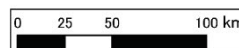
Volcano Name	Location	Last Eruption	Primary Volcano Type	lat (degree)	long (degree)	Elevation (m)
Late	Tonga Ridge	1854 CE	stratovolcano	18.806	S 174.65 W	540
Home Reef	Tonga Ridge	2006 CE	submarine	18.992	S 174.775 W	-10
Lateiki	Tonga Ridge	2019 CE	submarine	19.18	S 174.87 W	43
Kao	Tonga Ridge	1847 CE	stratovolcano	19.668	S 175.016 W	1009
Tofua	Tonga Ridge	2022 CE	caldera	19.75	S 175.07 W	515
Fonuafo'ou	Tonga Ridge	1936 CE	submarine	20.32	S 175.42 W	-17
Hunga Tonga-Hunga Ha'apai	Tonga Ridge	2022 CE	submarine	20.536	S 175.382 W	114
Unnamed2	Tonga Ridge	2017 CE	submarine	20.852	S 175.55 W	-296
Unnamed3	Tonga Ridge	Unknown - Evidence Uncertain	submarine	21.15	S 175.75 W	-65
Unnamed4	Tonga Ridge	1932 CE	submarine	21.338	S 175.65 W	-68
Unnamed5	Tonga Ridge	Unknown - Unrest / Holocene	submarine	24.8	S 177.02 W	-385

□ : 海底火山、赤字 : 計算対象とする火山

出典 : 国内支援委員会メンバー資料



Map: Copyright OpenStreetMap contributors



出典 : JICA 調査団作成

図 2.6.2 計算対象火山位置図

(2) 計算ケース

数値解析ケースは次の通りである。

表 2.6.2 数値解析ケース

波源種類	ケース	火山名	波源	構造物条件	最小領域
火山性津波	Volc0-1-1	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai	L 1 規模① R=5km、H=30m	現況護岸 (トンガタブ島)	reg4-1(トンガタブ島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)
	Volc1-1-1	Unnamed1			
	Volc2-1-1	Home Reef			
	Volc3-1-1	Lateiki			
	Volc4-1-1	Fonuafu'ou			
	Volc5-1-1	Unnamed2			
	Volc6-1-1	Unnamed3			
	Volc7-1-1	Unnamed4			
	Volc0-1-2	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai		なし	reg4-2(エウア島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)
	Volc1-1-2	Unnamed1			
	Volc2-1-2	Home Reef			
	Volc3-1-2	Lateiki			
	Volc4-1-2	Fonuafu'ou			
	Volc5-1-2	Unnamed2			
	Volc6-1-2	Unnamed3			
	Volc7-1-2	Unnamed4			
	Volc0-2-1	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai	L 1 規模② R=5km、H=60m	現況護岸 (トンガタブ島)	reg4-1(トンガタブ島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)
	Volc1-2-1	Unnamed1			
	Volc2-2-1	Home Reef			
	Volc3-2-1	Lateiki			
	Volc4-2-1	Fonuafu'ou			
	Volc5-2-1	Unnamed2			
	Volc6-2-1	Unnamed3			
	Volc7-2-1	Unnamed4			
	Volc0-2-2	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai		なし	reg4-2(エウア島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)
	Volc1-2-2	Unnamed1			
	Volc2-2-2	Home Reef			
	Volc3-2-2	Lateiki			
Volc4-2-2	Fonuafu'ou				
Volc5-2-2	Unnamed2				
Volc6-2-2	Unnamed3				
Volc7-2-2	Unnamed4				
Volc0-3-1	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai	L 1 規模③ R=5km、H=90m	現況護岸 (トンガタブ島)	reg4-1(トンガタブ島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)	
Volc1-3-1	Unnamed1				
Volc2-3-1	Home Reef				
Volc3-3-1	Lateiki				
Volc4-3-1	Fonuafu'ou				
Volc5-3-1	Unnamed2				
Volc6-3-1	Unnamed3				
Volc7-3-1	Unnamed4				
Volc0-3-2	Hunga Tonga-Hunga Ha'apai		なし	reg4-2(エウア島) 1/3秒メッシュ (10mメッシュ)	
Volc1-3-2	Unnamed1				
Volc2-3-2	Home Reef				
Volc3-3-2	Lateiki				
Volc4-3-2	Fonuafu'ou				
Volc5-3-2	Unnamed2				
Volc6-3-2	Unnamed3				
Volc7-3-2	Unnamed4				

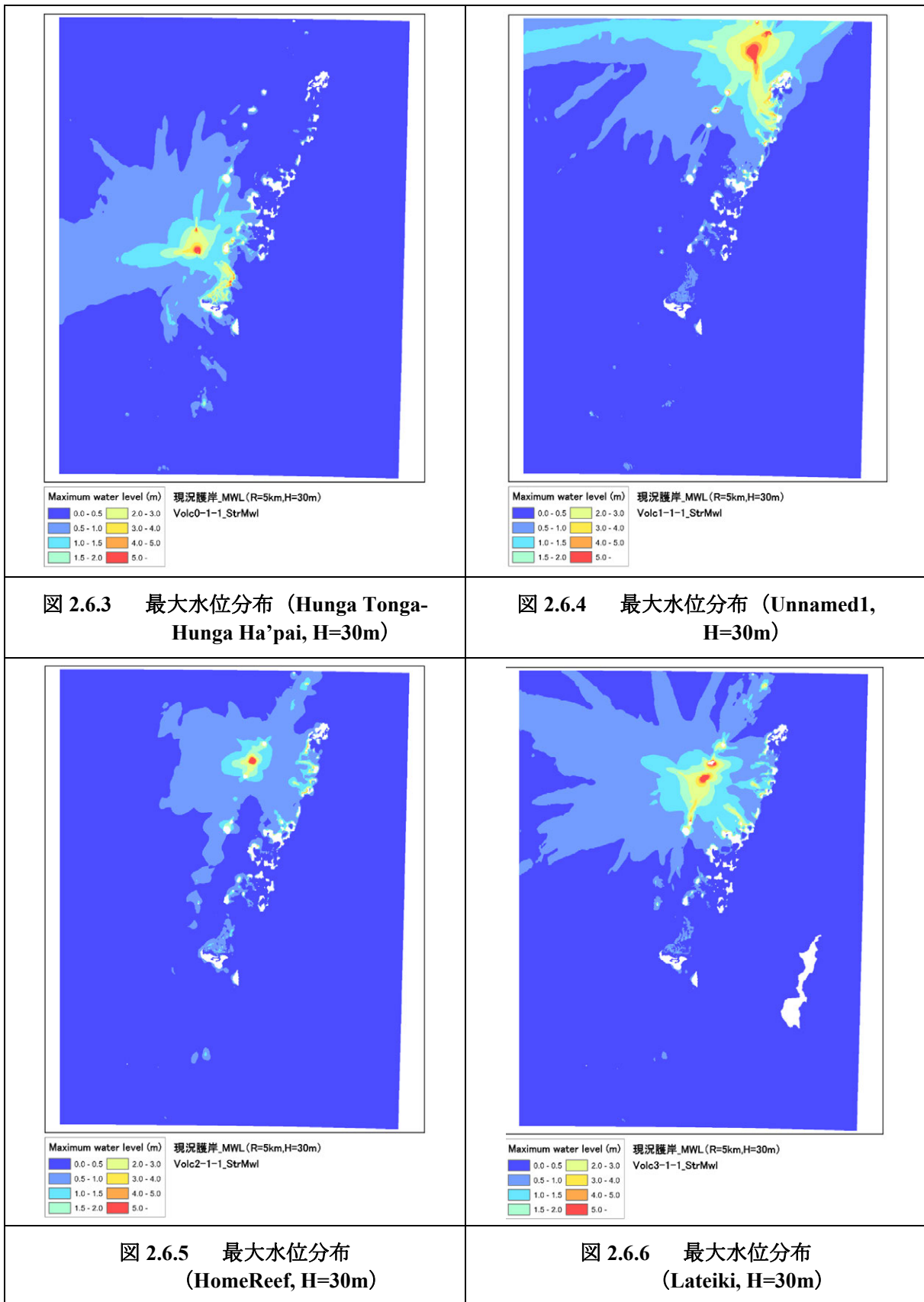
出典：JICA 調査団作成

(3) 計算結果

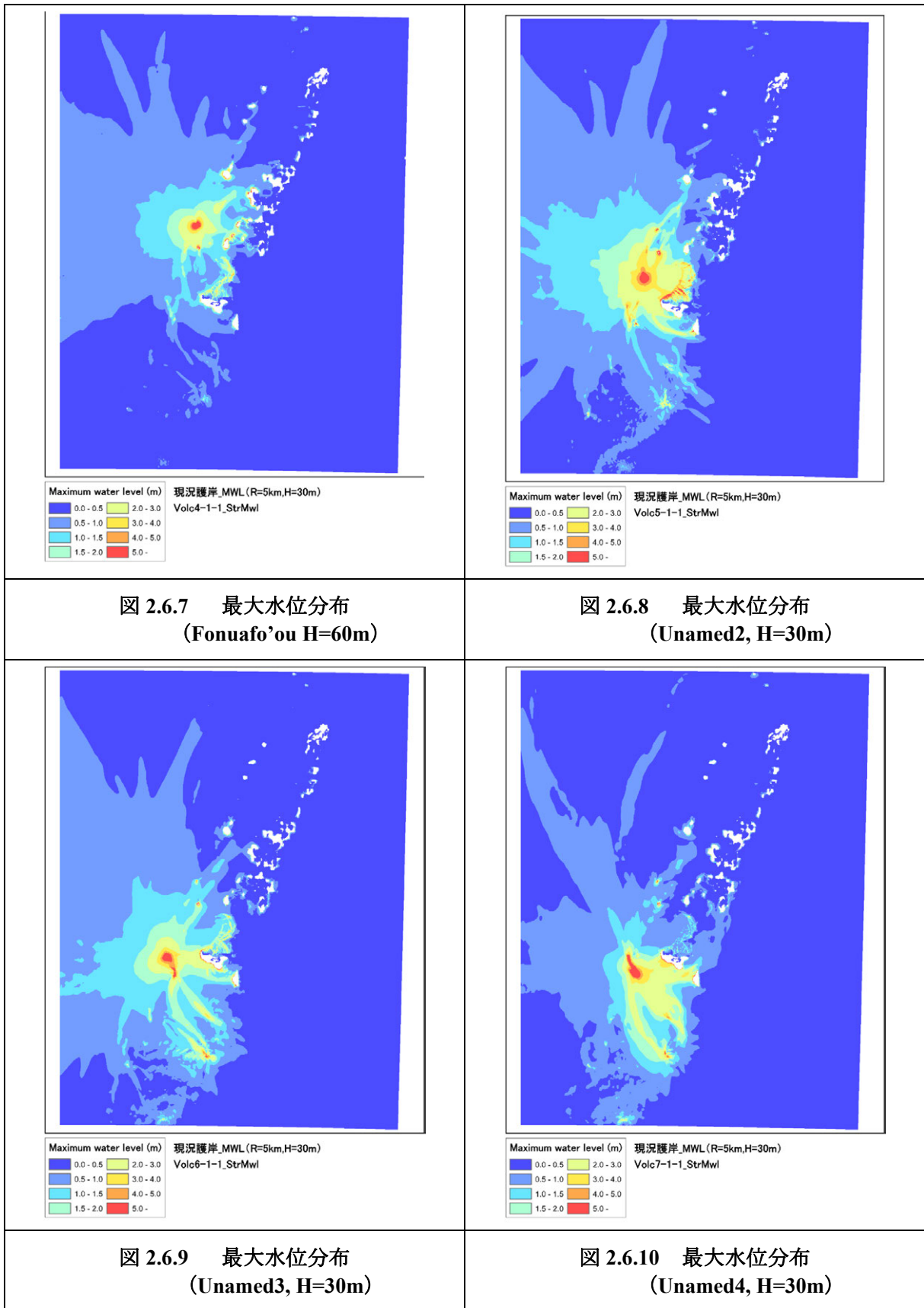
1) 最大津波水位分布

各対象火山での波源による最大津波水位分布の計算結果を以下に示す。

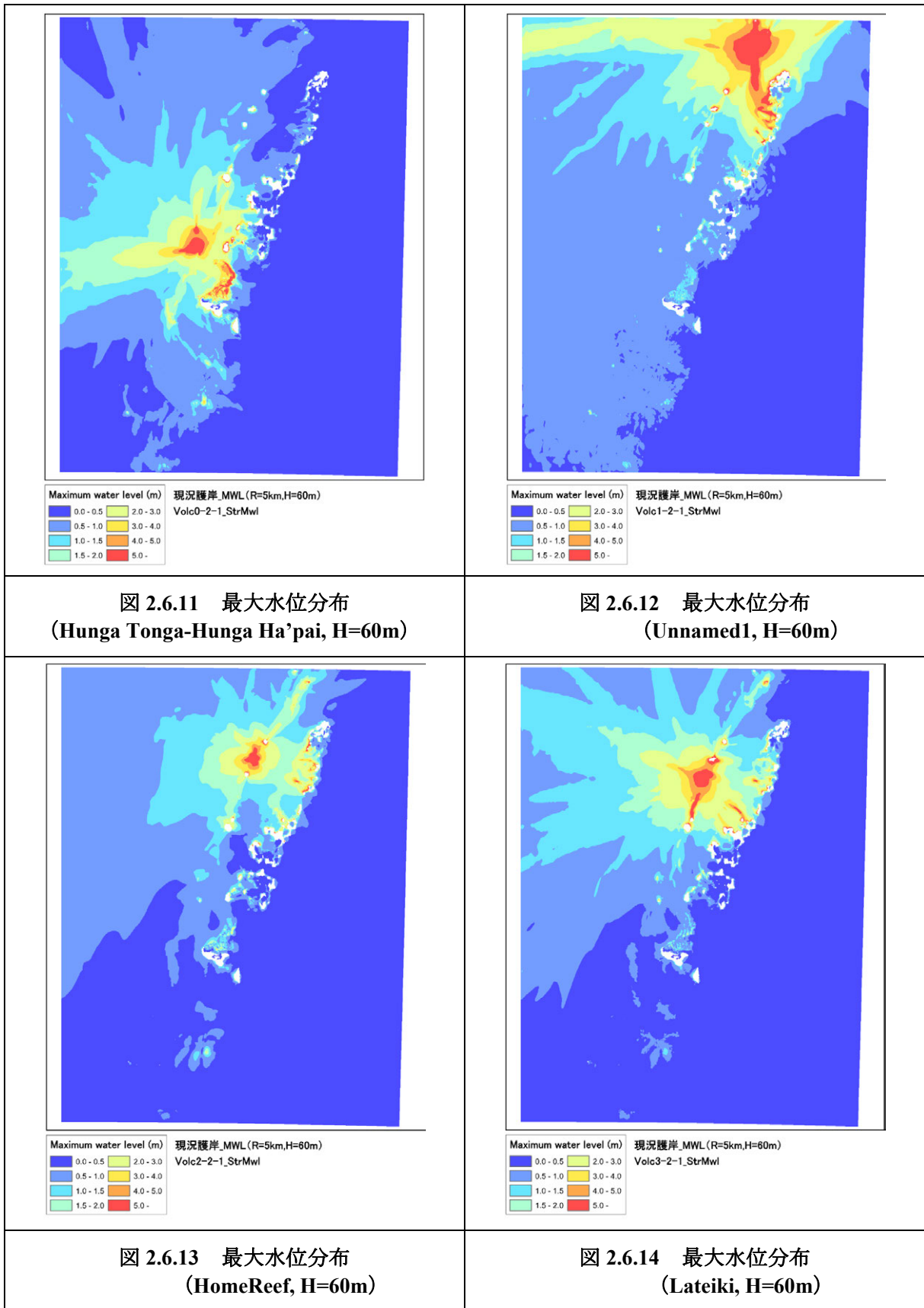
a. 波源を含む広域最大水位分布図



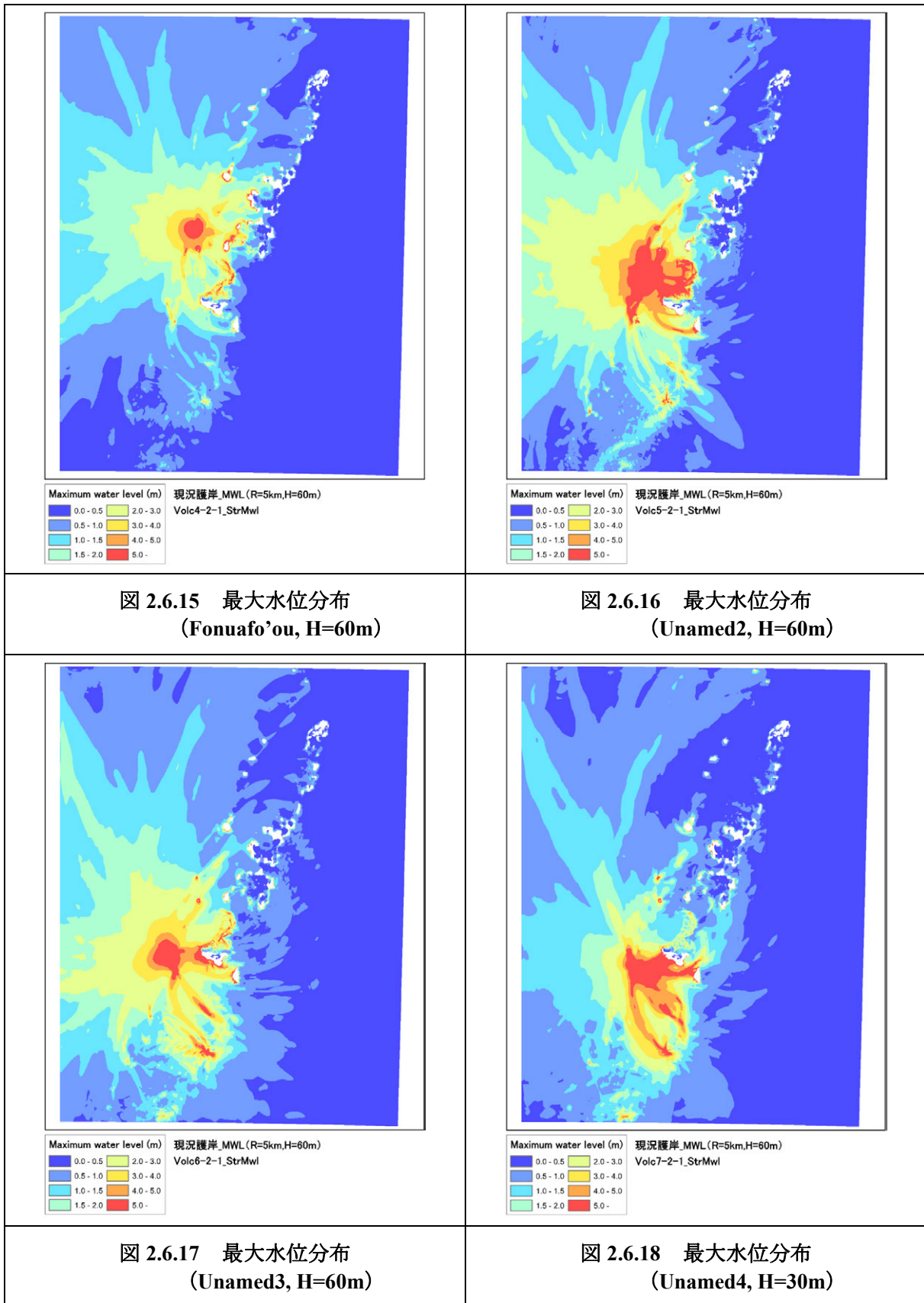
出典：JICA 調査団作成



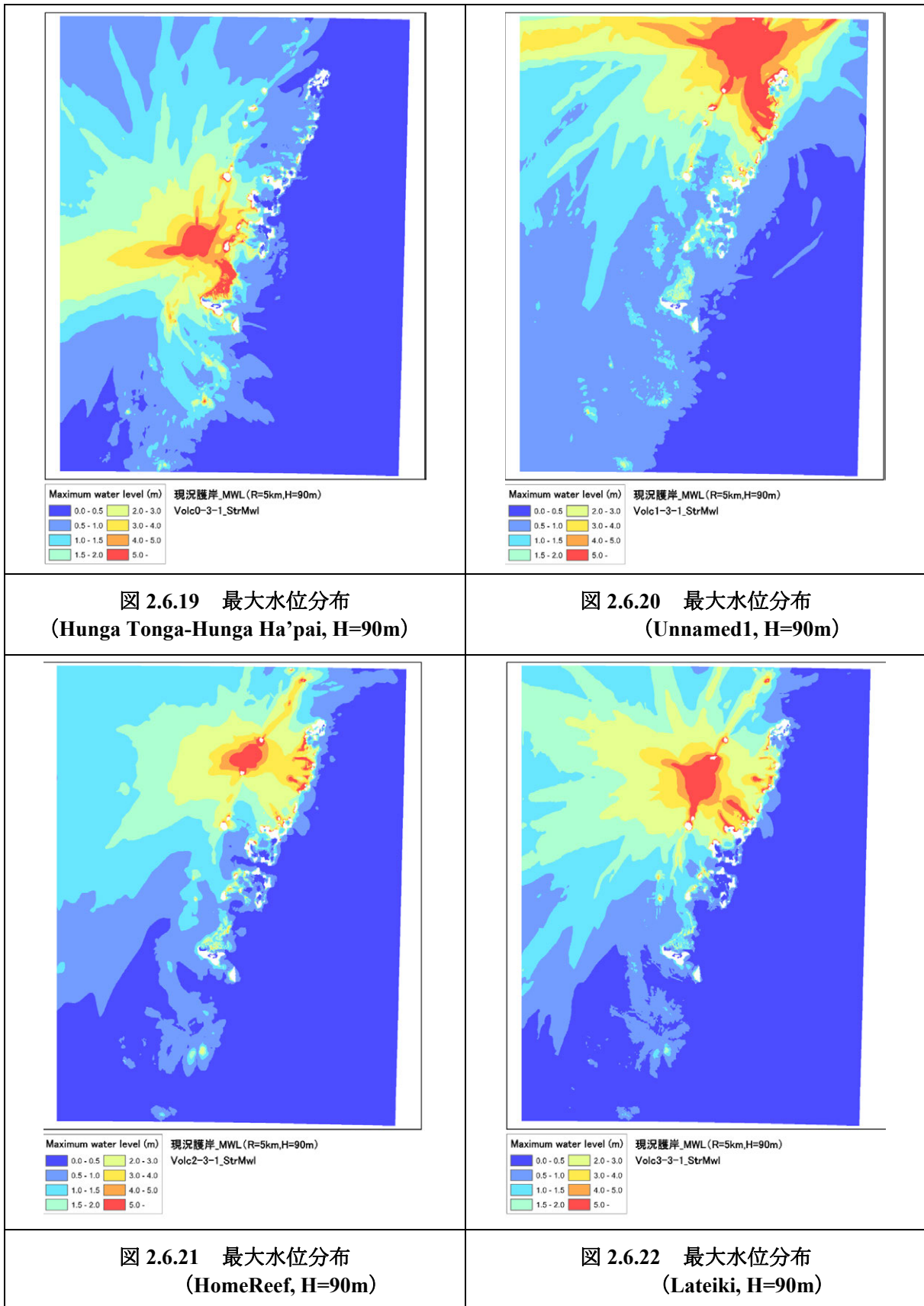
出典：JICA 調査団作成



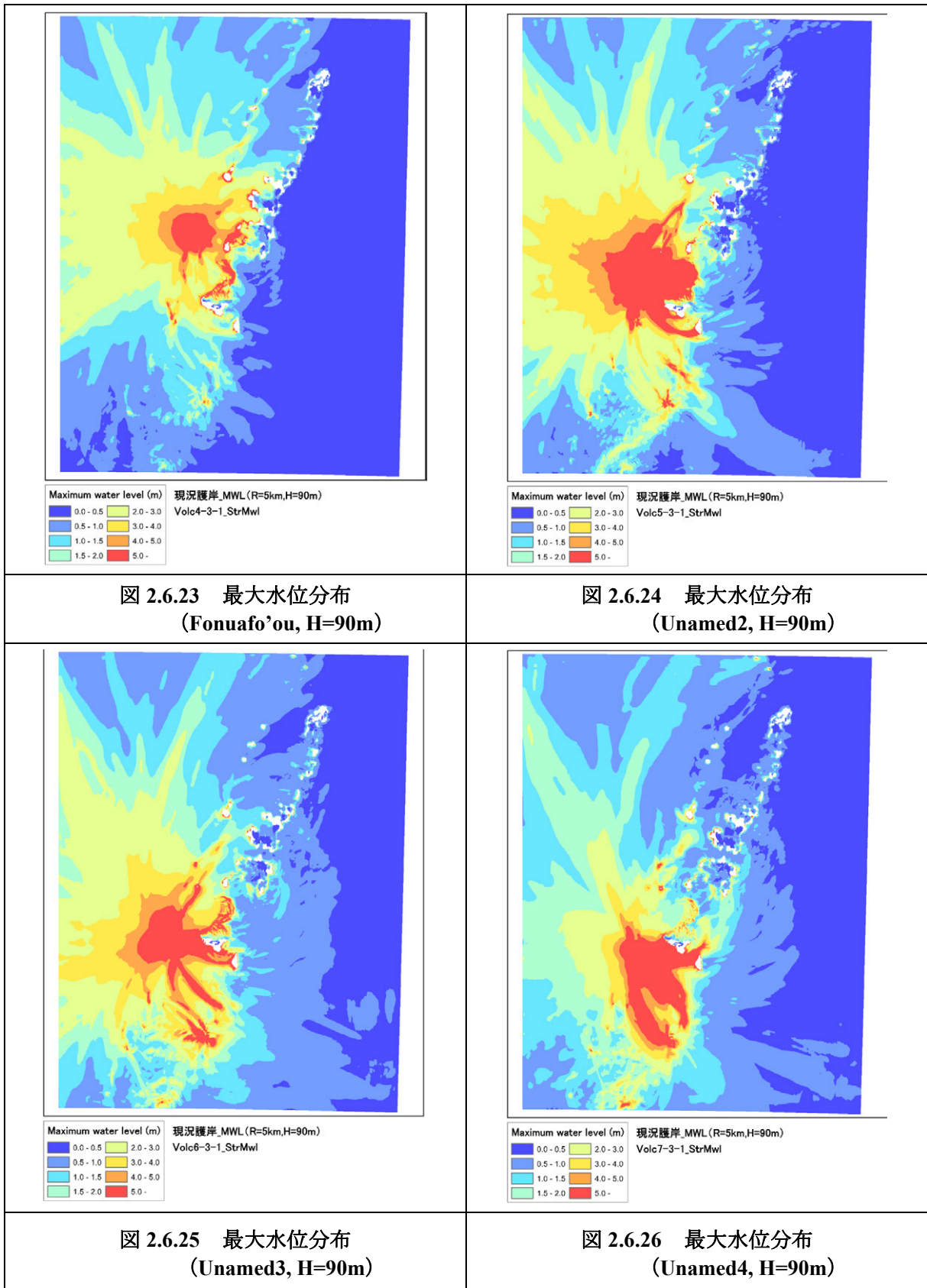
出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成



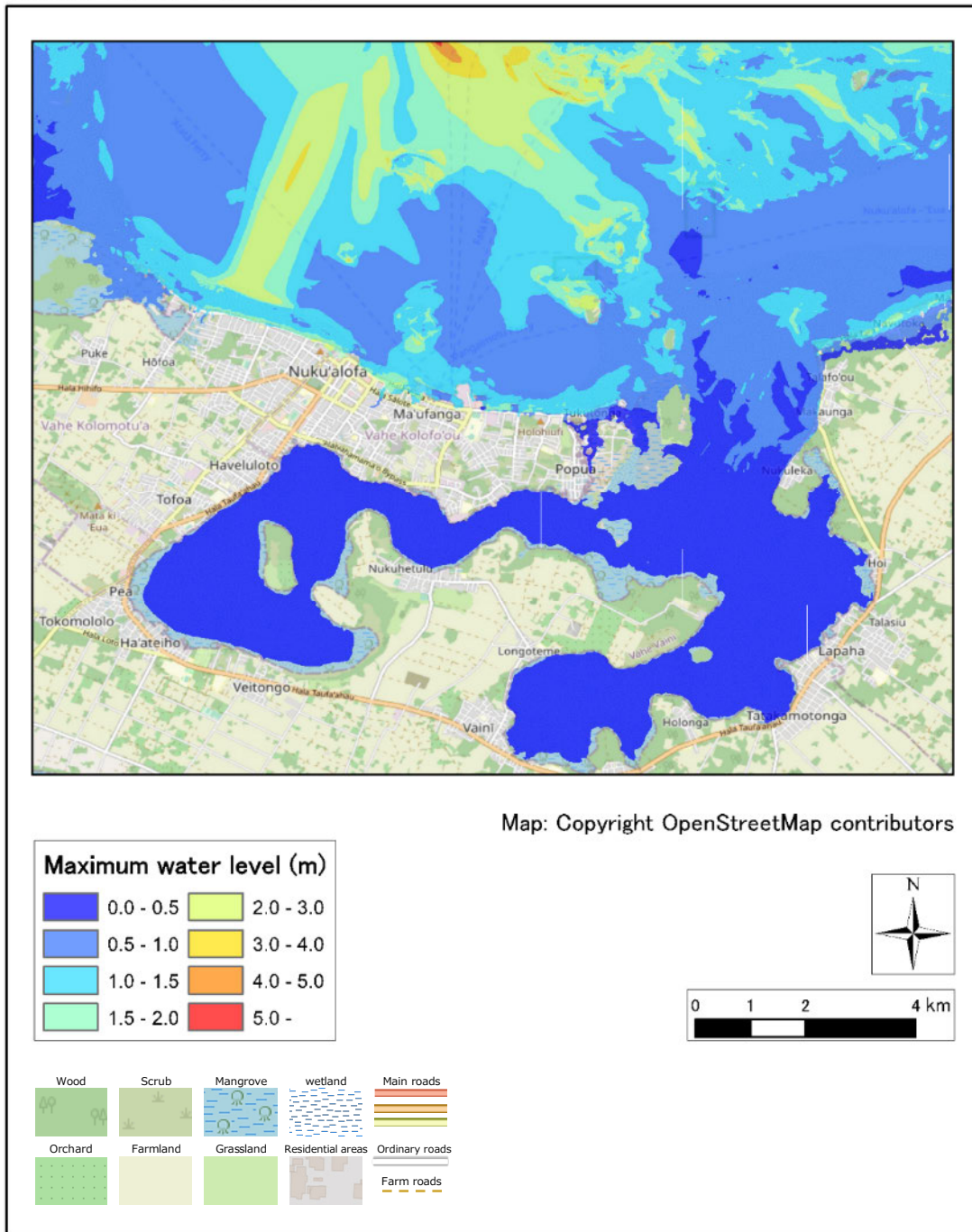
出典：JICA 調査団作成



出典：JICA 調査団作成

b. 最大水位分布図 (ヌクアロファ、トンガタブ島)

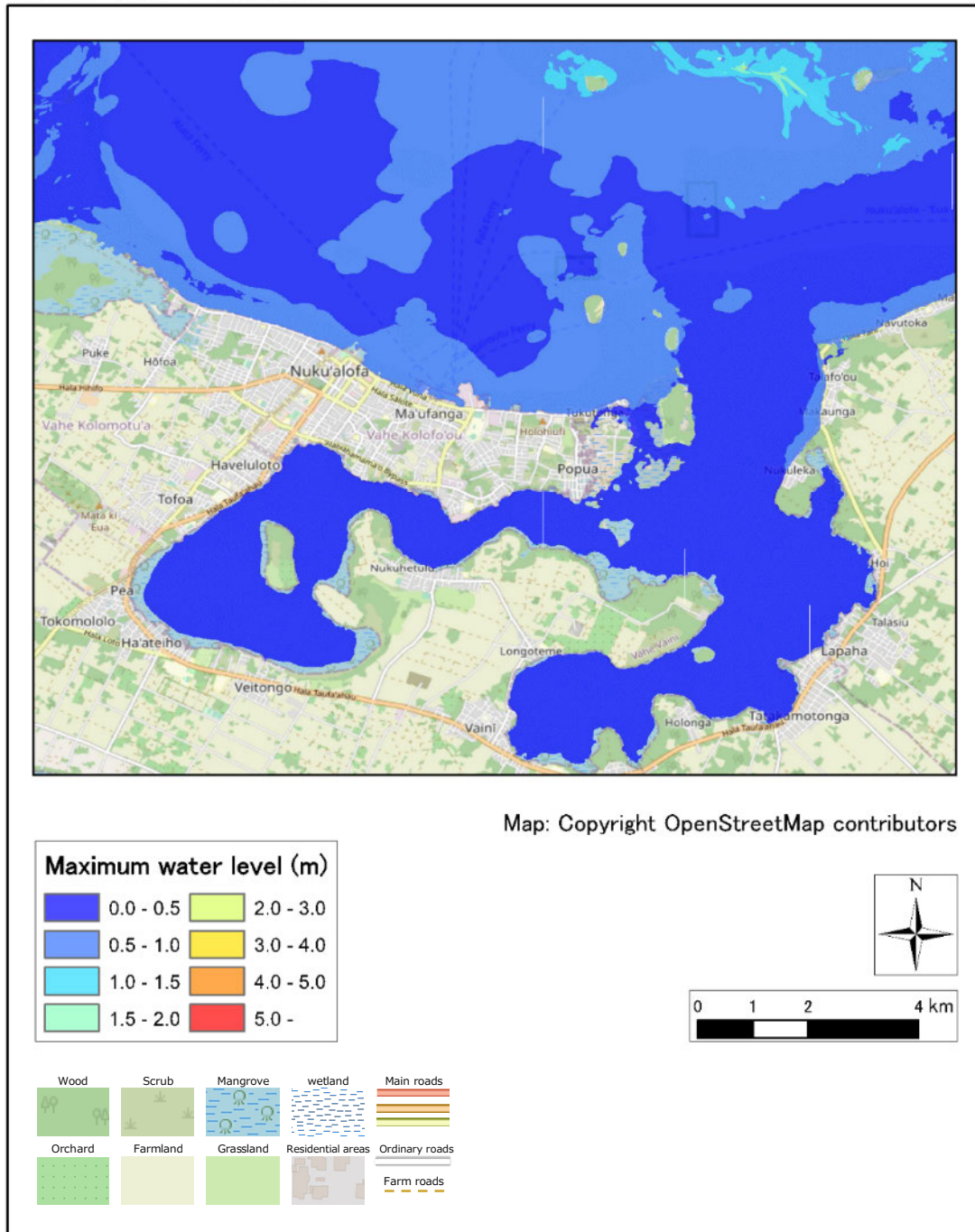
CASE: Volc0-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.27 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)

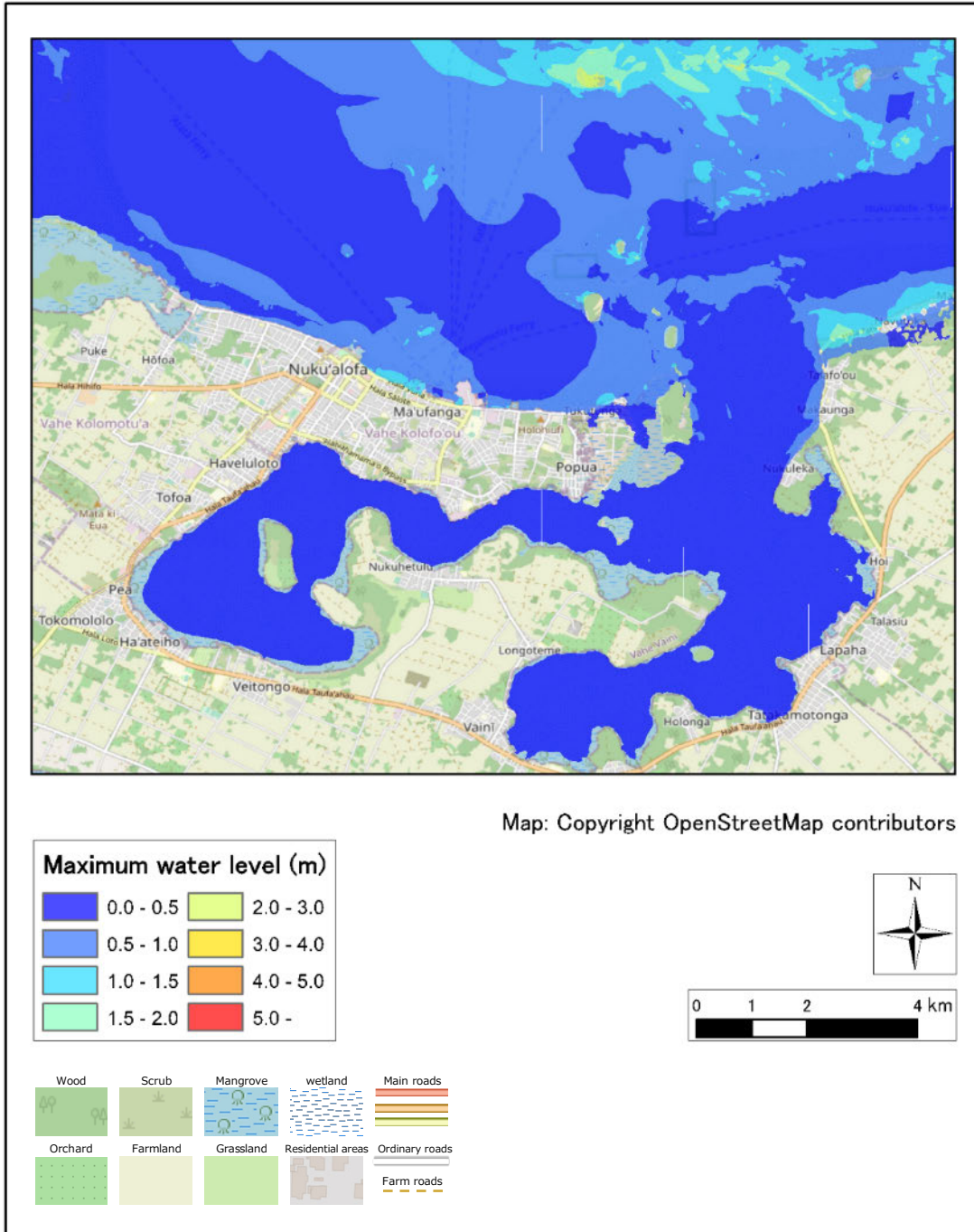
CASE: Volc1-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.28 最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m)

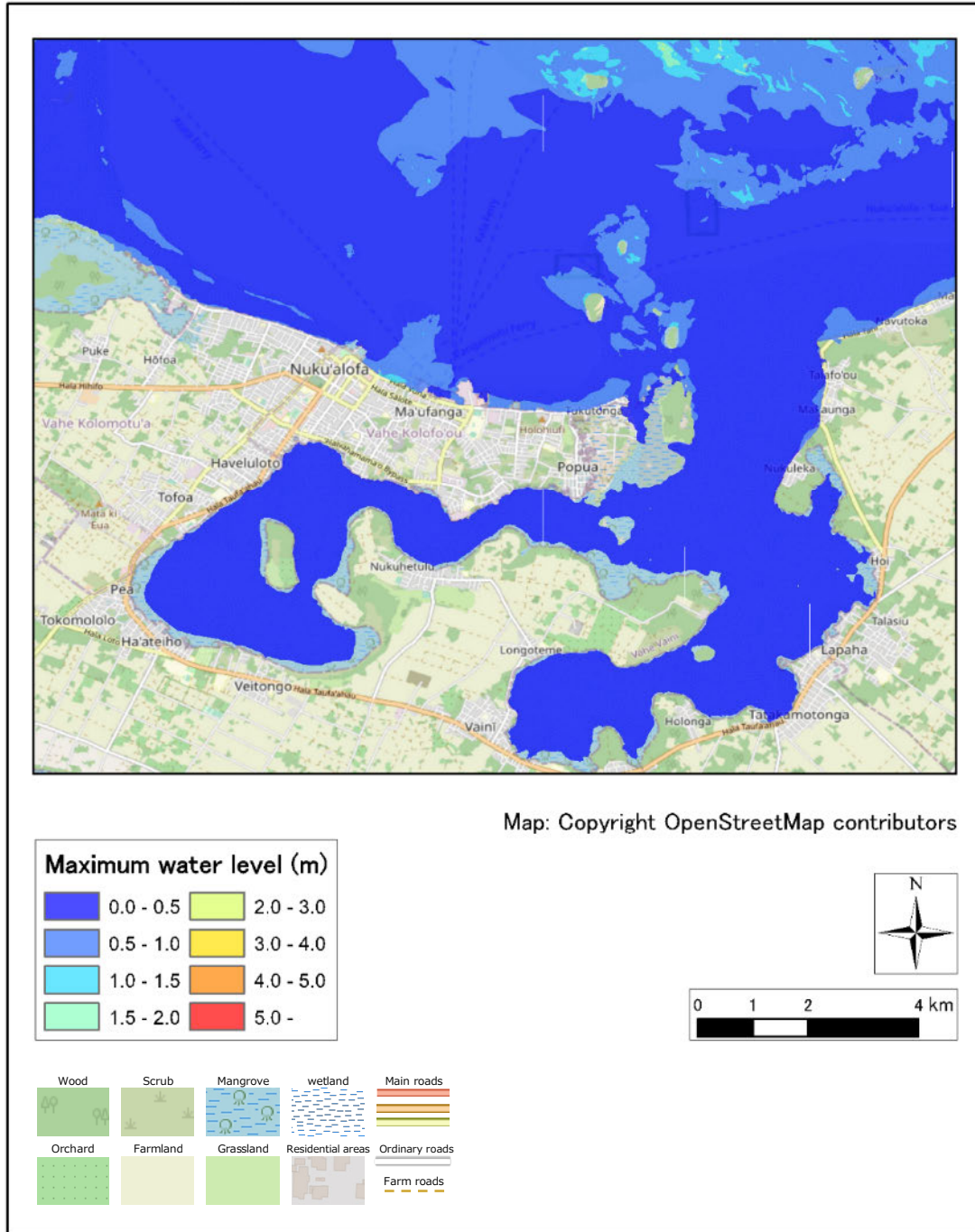
CASE: Volc2-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.29 最大水位分布図 (HomeReef, H=30m)

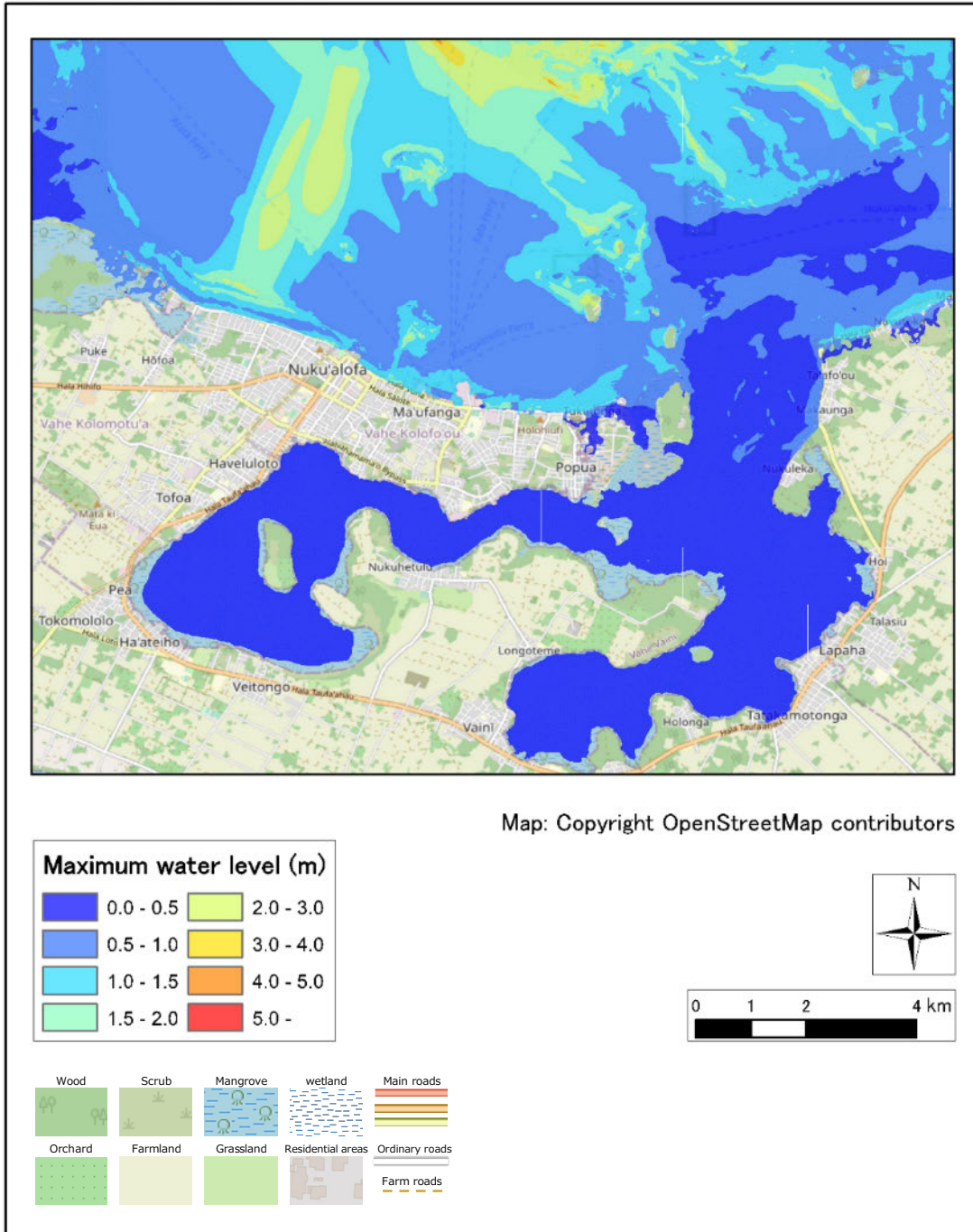
CASE: Volc3-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.30 最大水位分布図 (Lateiki, H=30m)

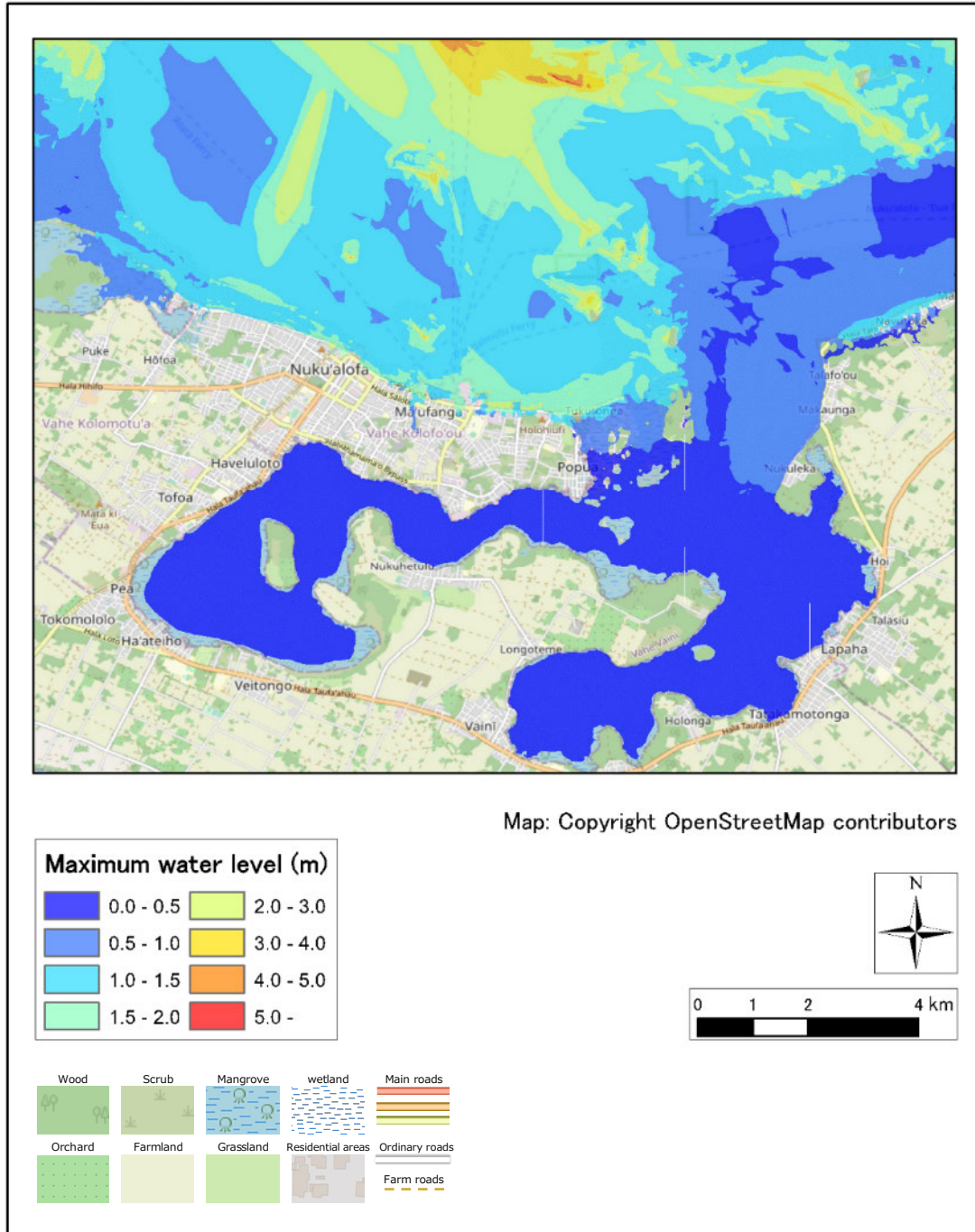
CASE: Volc4-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.31 最大水位分布図 (Fonuafo'ou H=30m)

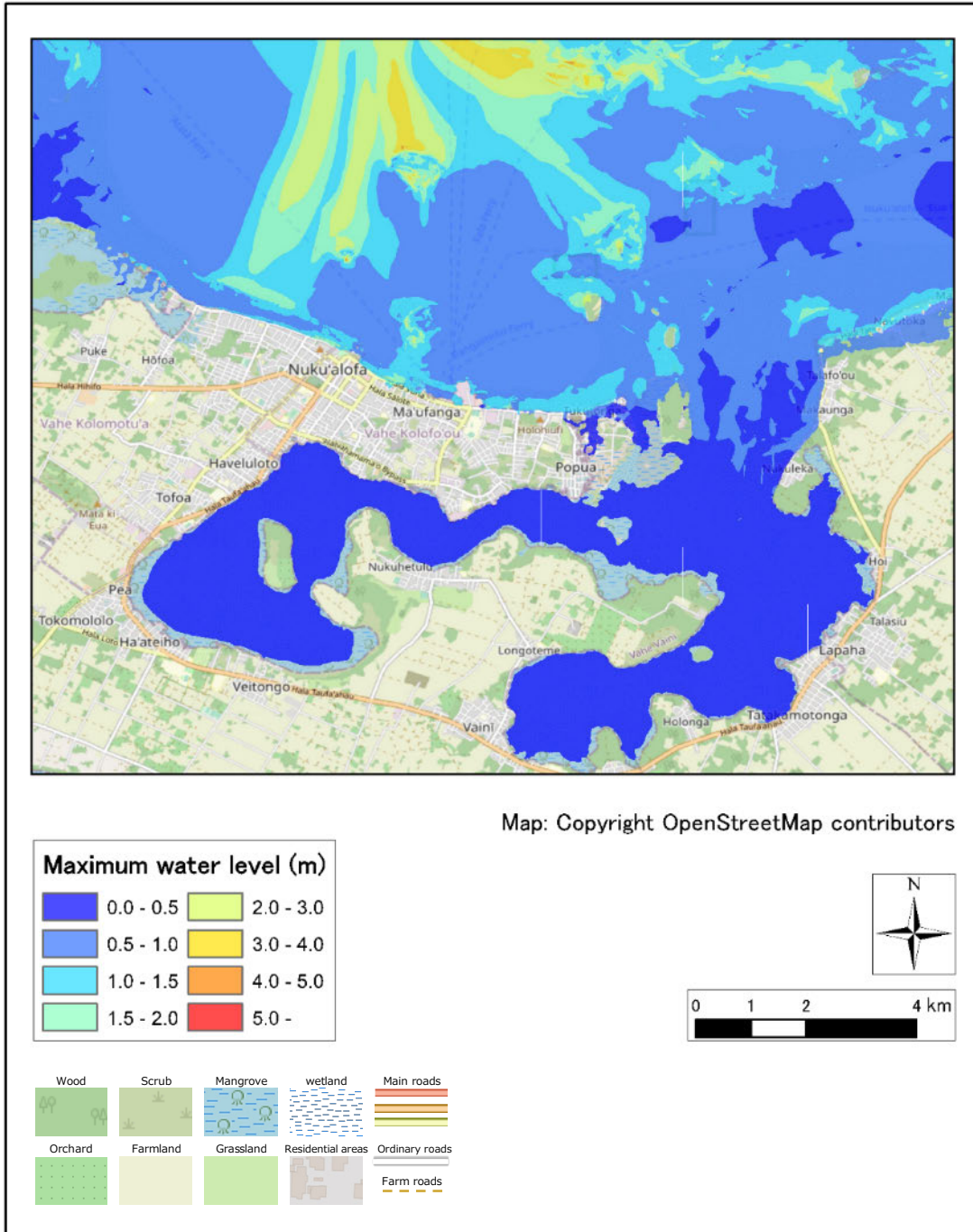
CASE: Volc5-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.32 最大水位分布図 (Unnamed2, H=30m)

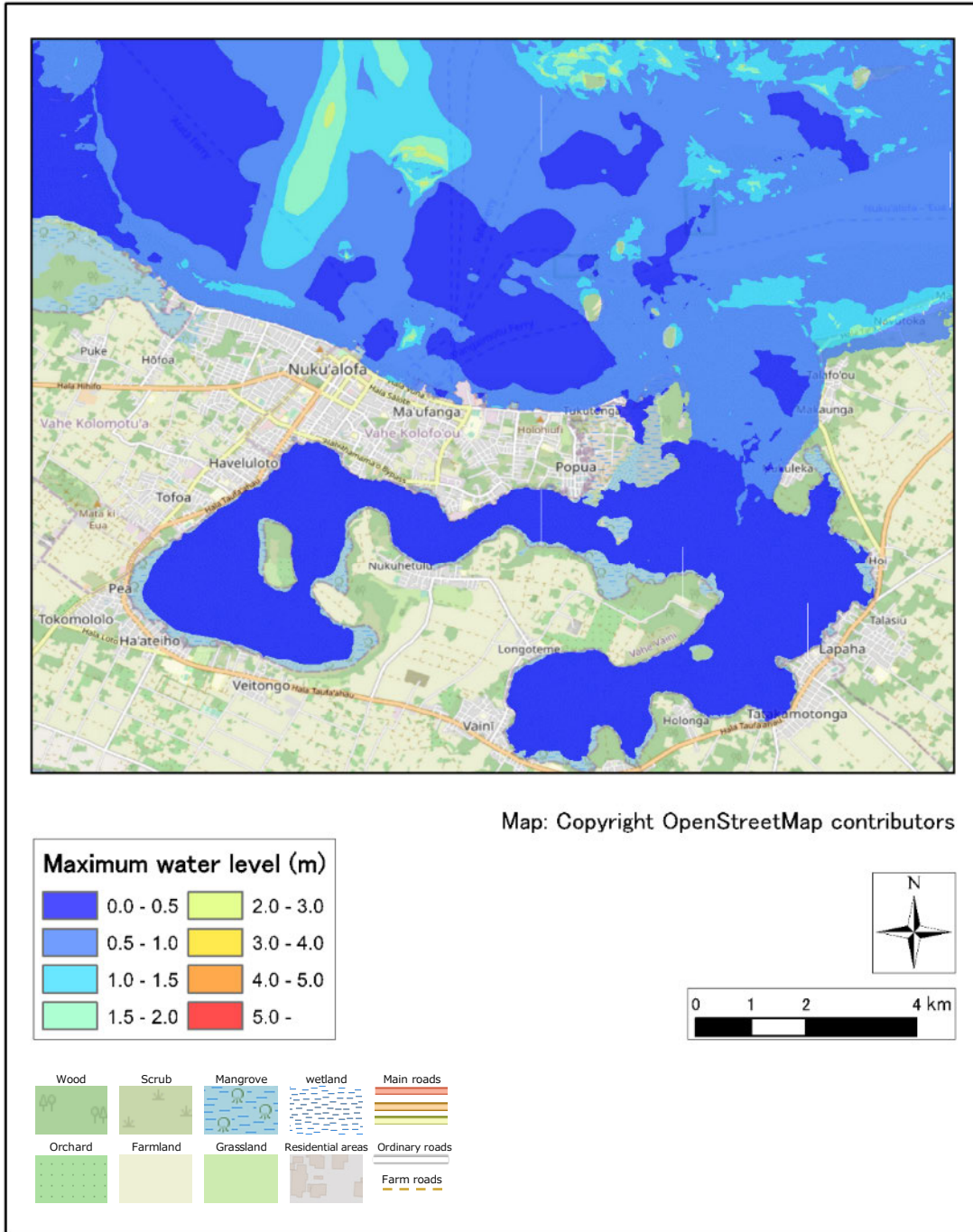
CASE: Volc6-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.33 最大水位分布図 (Unnamed3, H=30m)

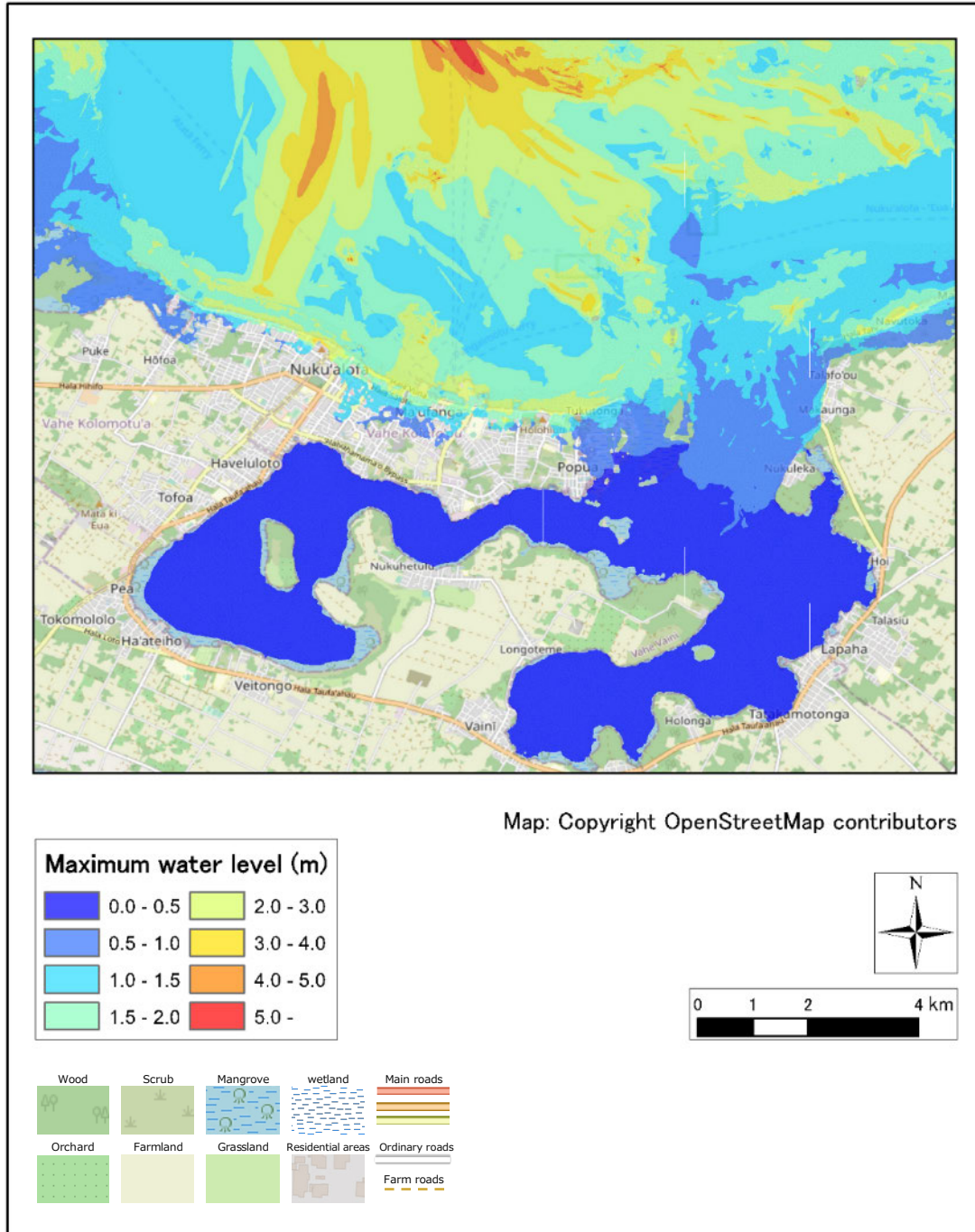
CASE: Volc7-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.34 最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m)

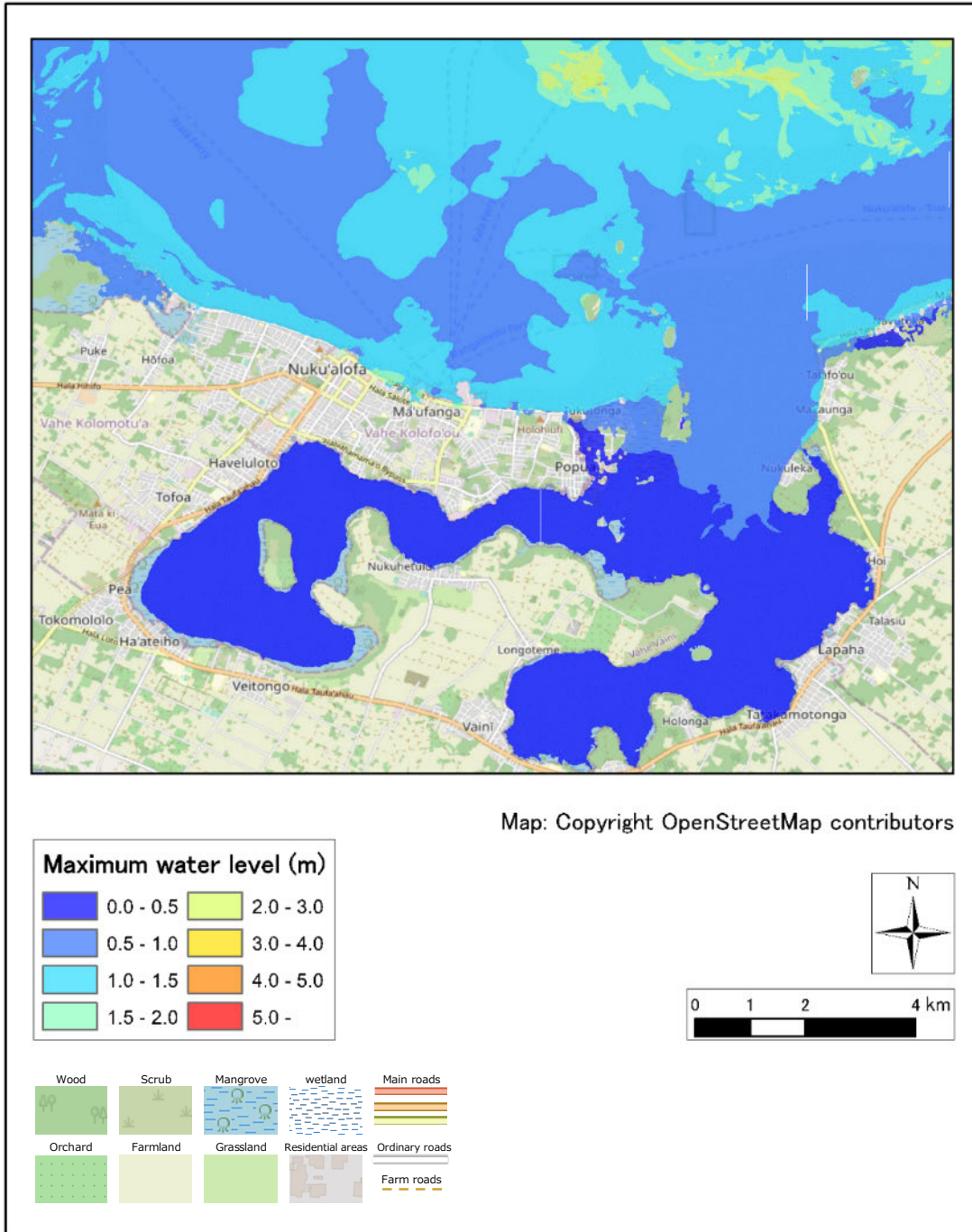
CASE: Volc0-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.35 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)

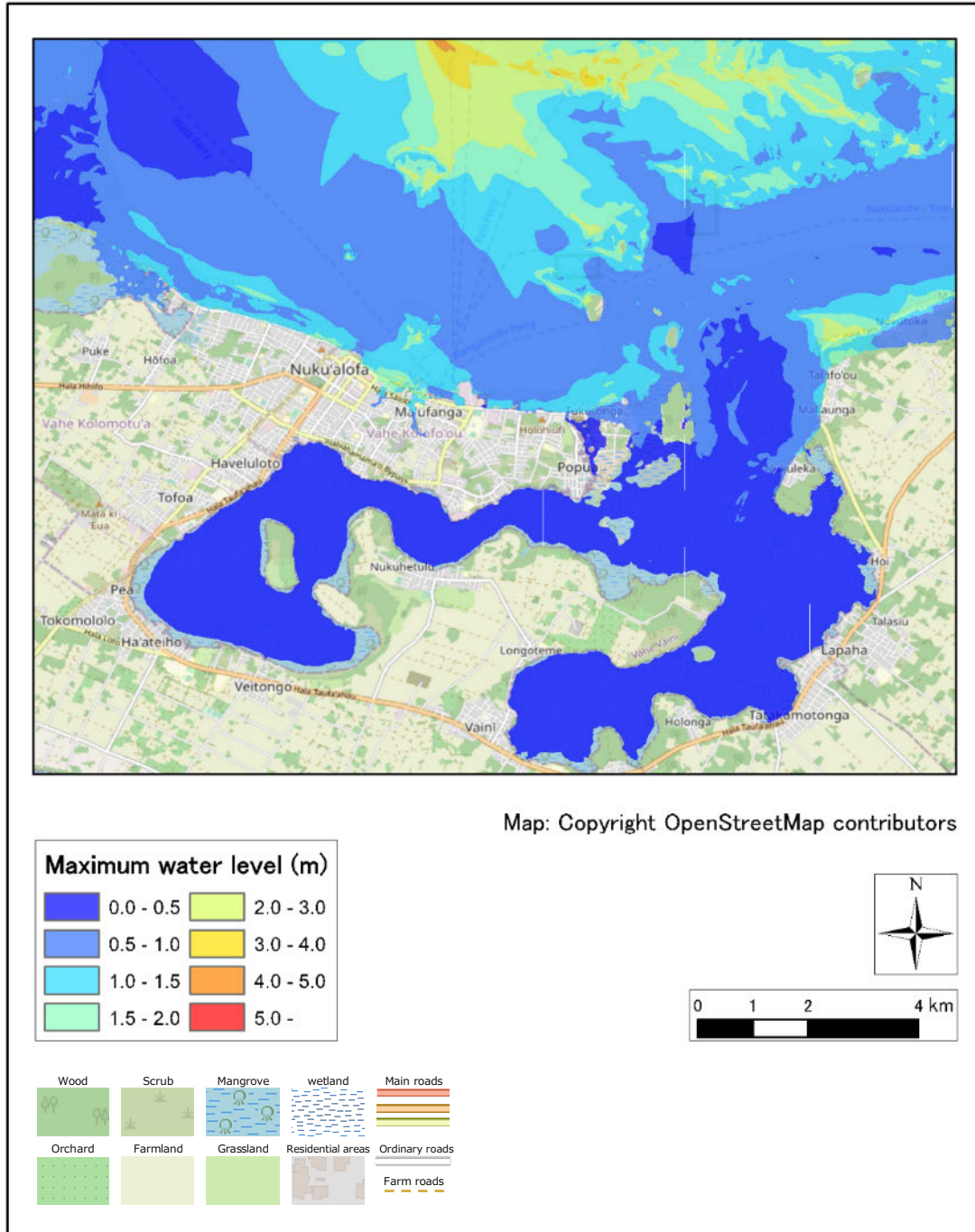
CASE: Volc1-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.36 最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m)

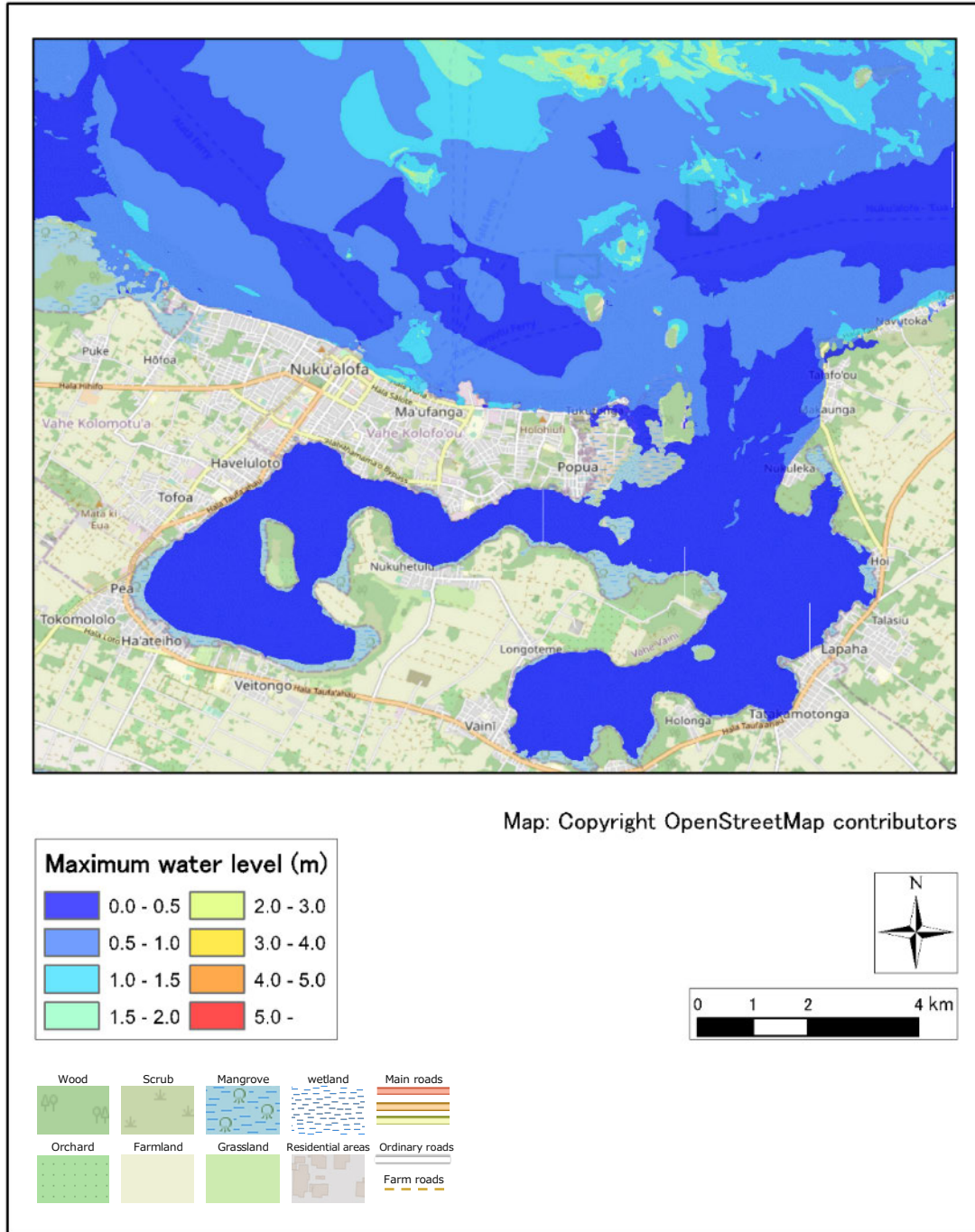
CASE: Volc2-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.37 最大水位分布図 (HomeReef, H=60m)

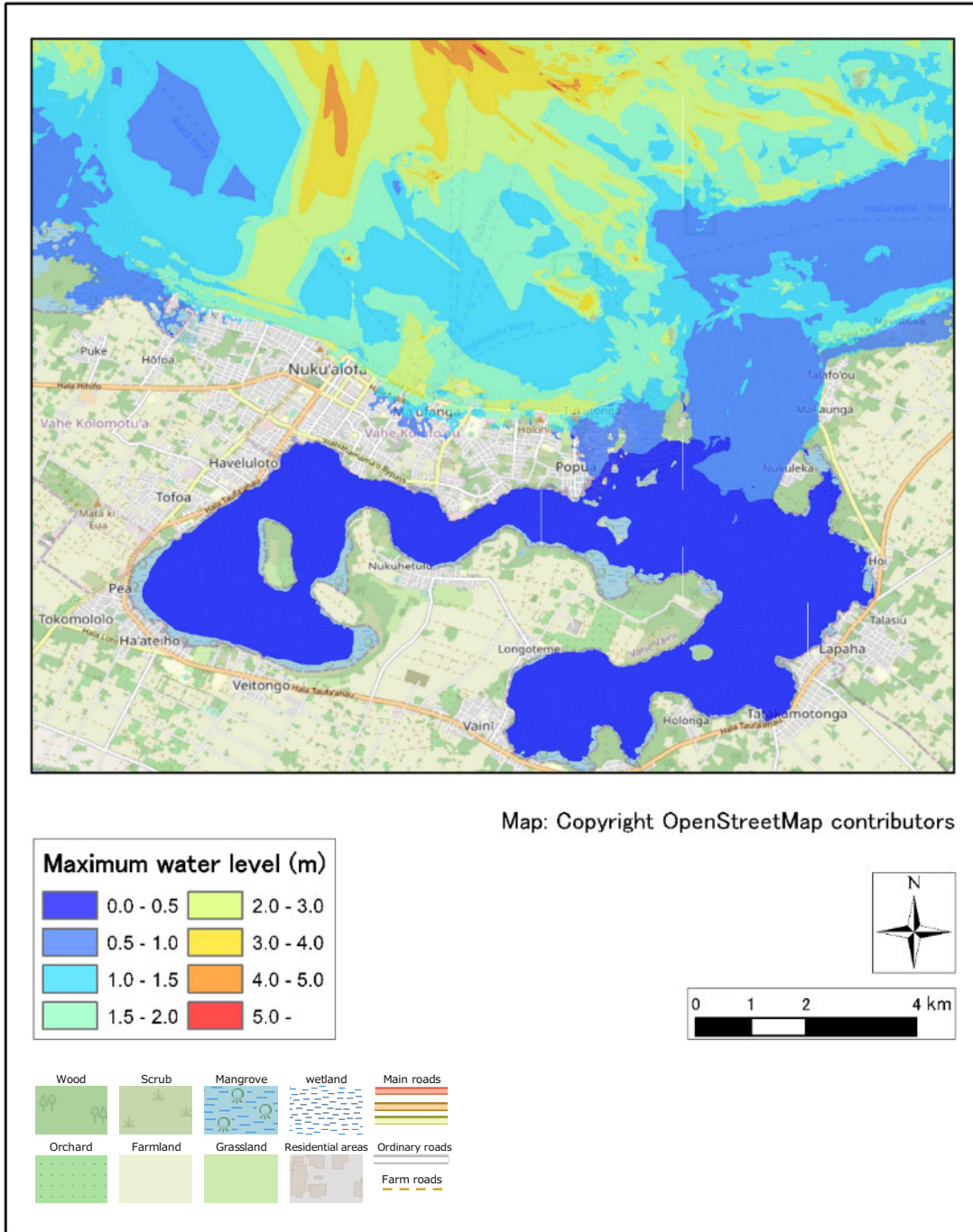
CASE: Volc3-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.38 最大水位分布図 (Lateiki, H=60m)

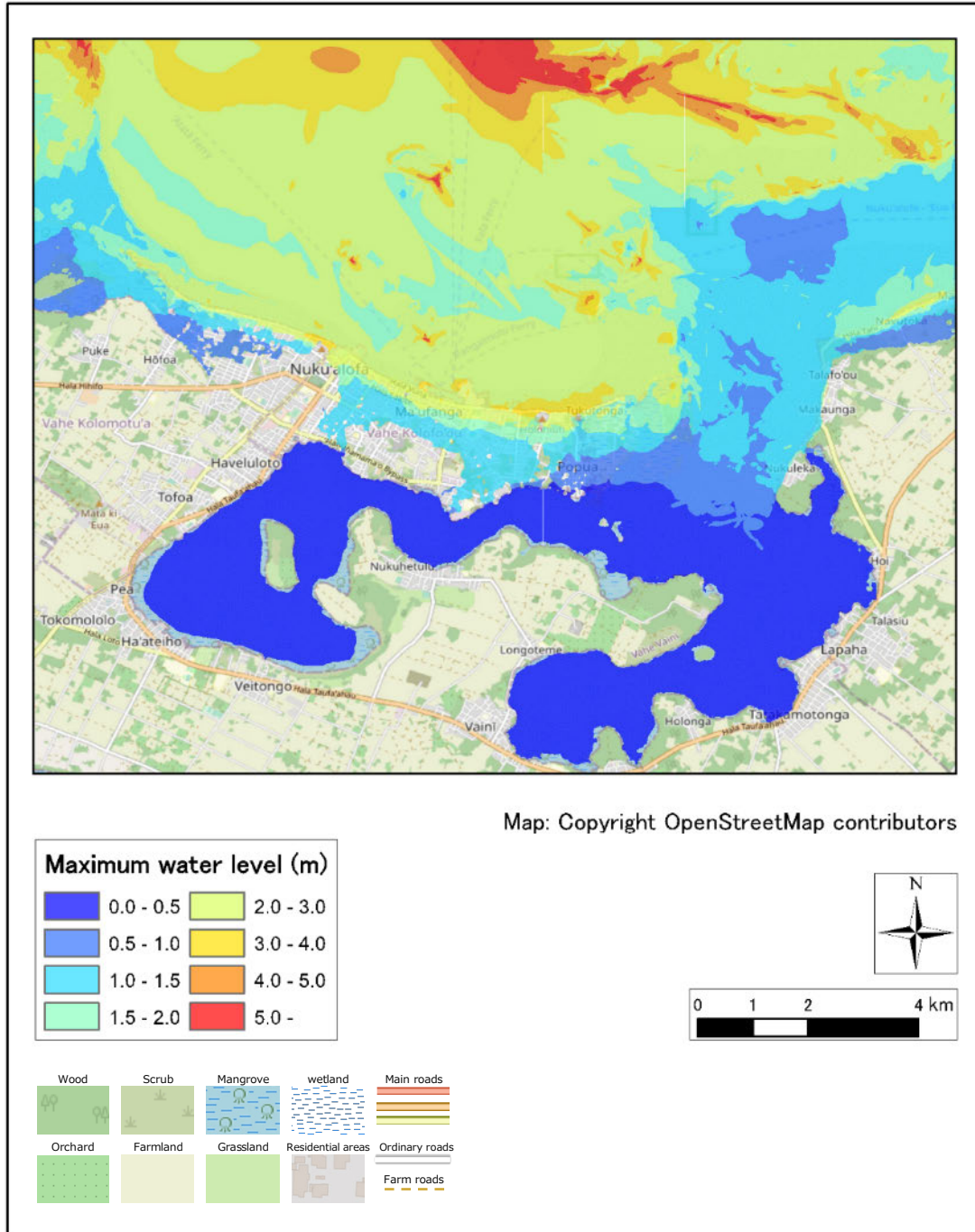
CASE: Volc4-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.39 最大水位分布図 (Fonofo'ou, H=60m)

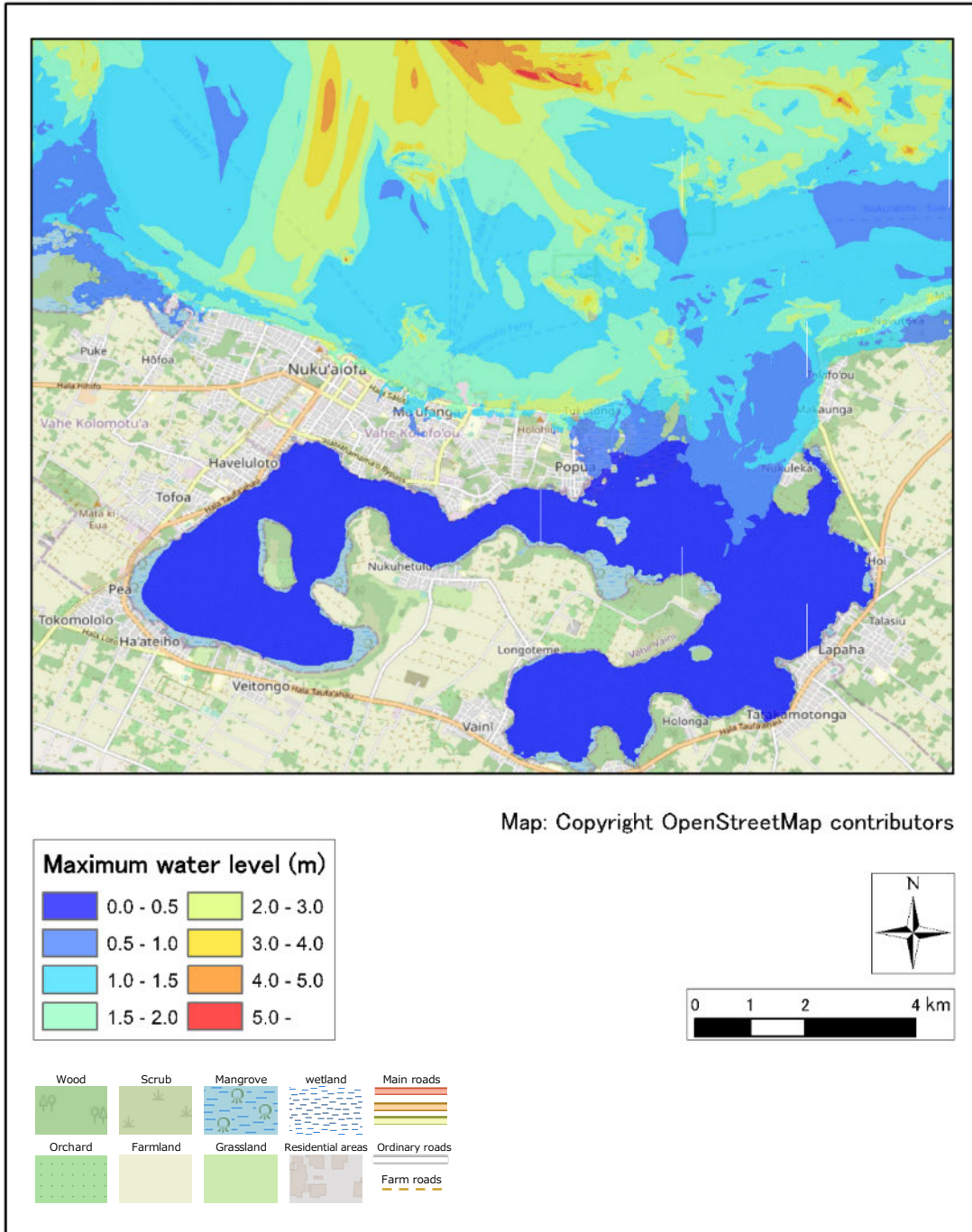
CASE: Volc5-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.40 最大水位分布図 (Unnamed2, H=60m)

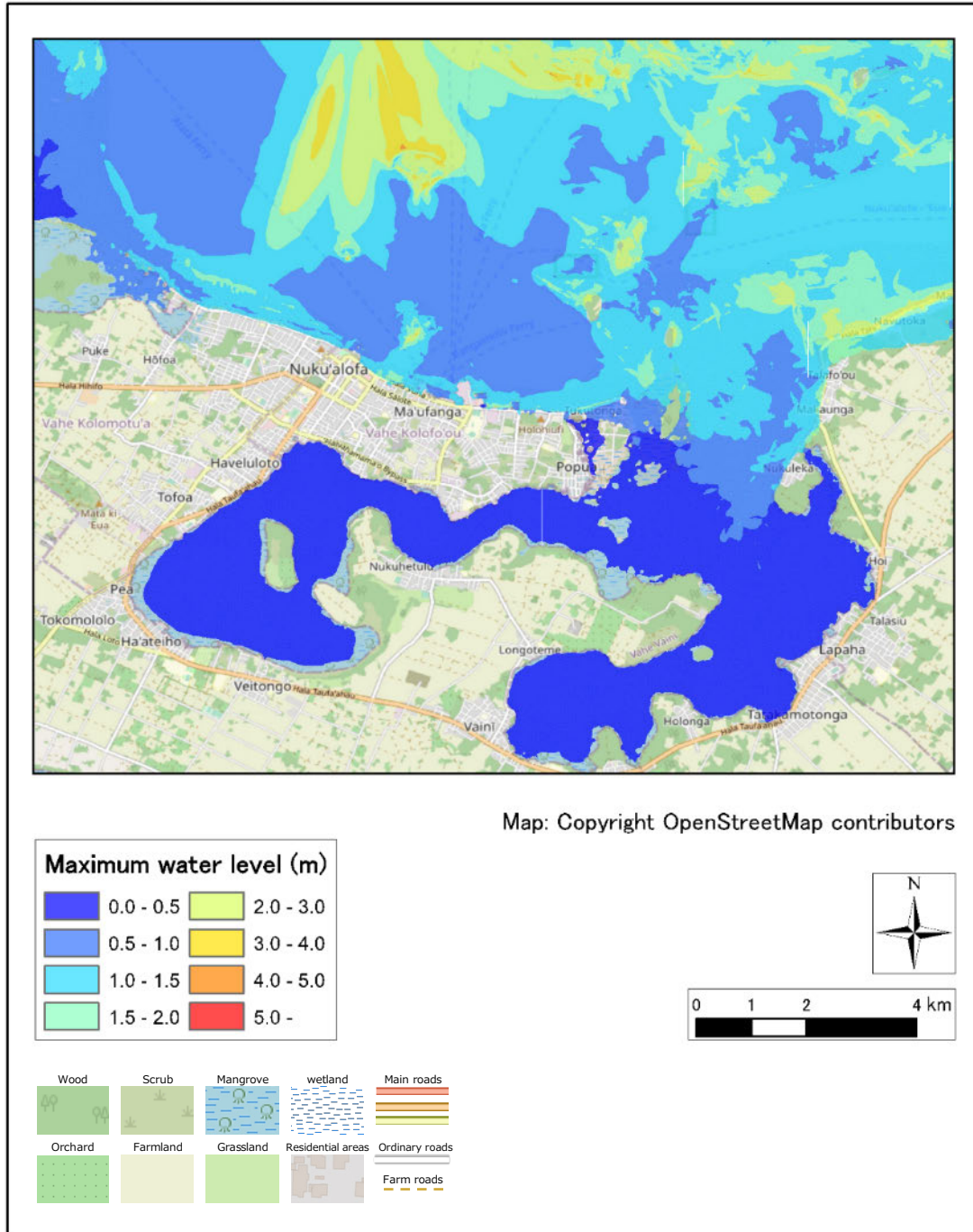
CASE: Volc6-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.41 最大水位分布図 (Unnamed3, H=60m)

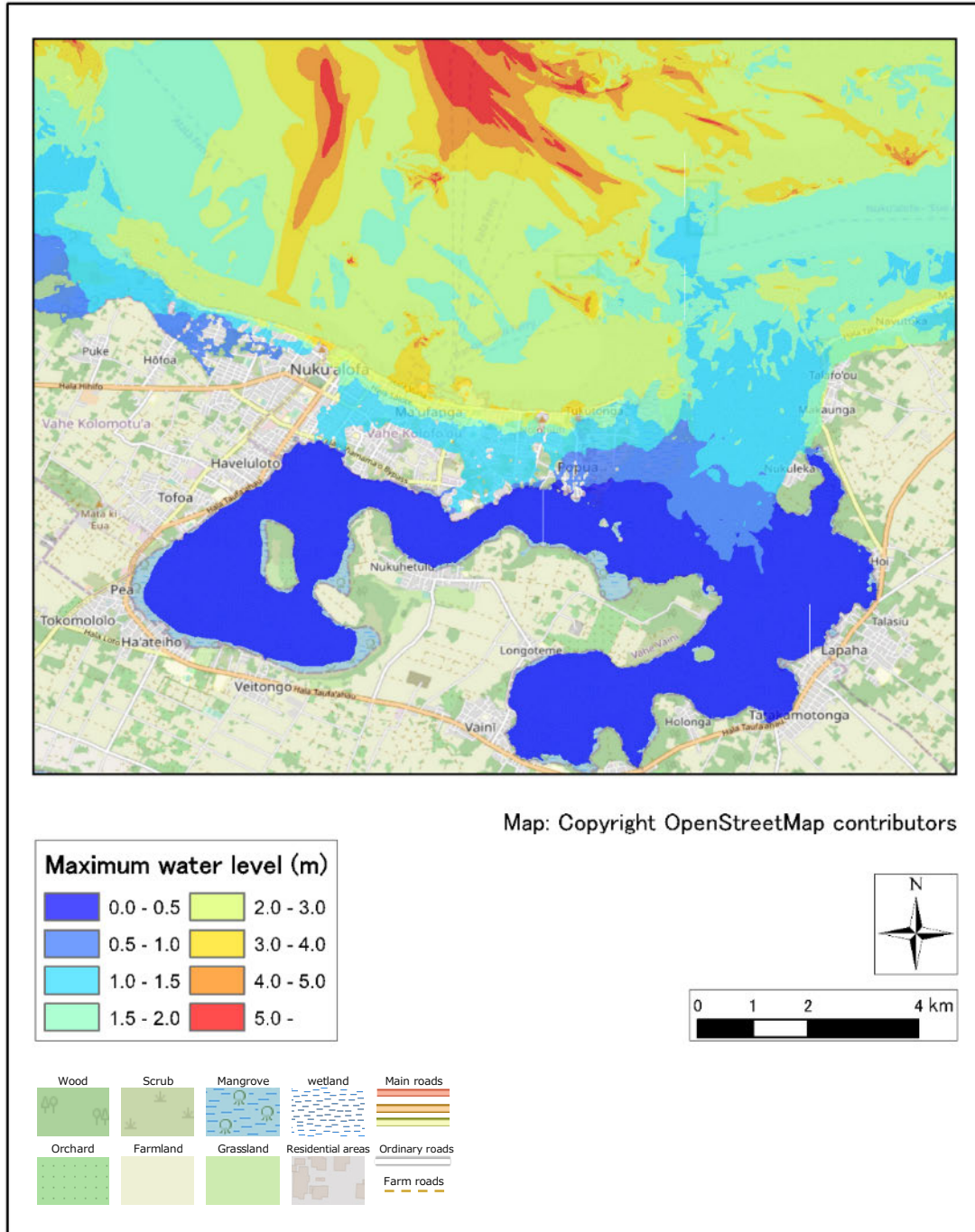
CASE: Volc7-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.42 最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m)

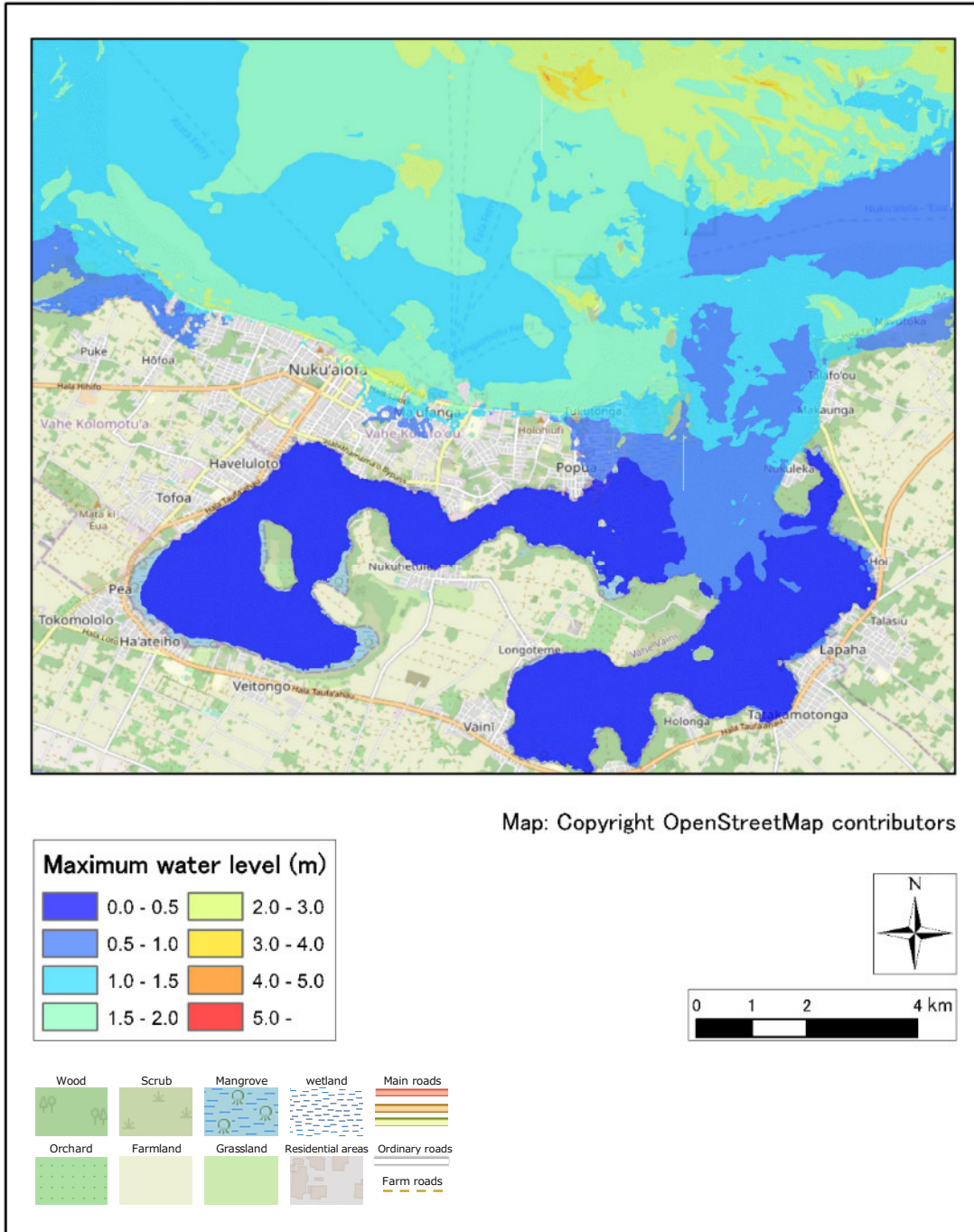
CASE: Volc0-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.43 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

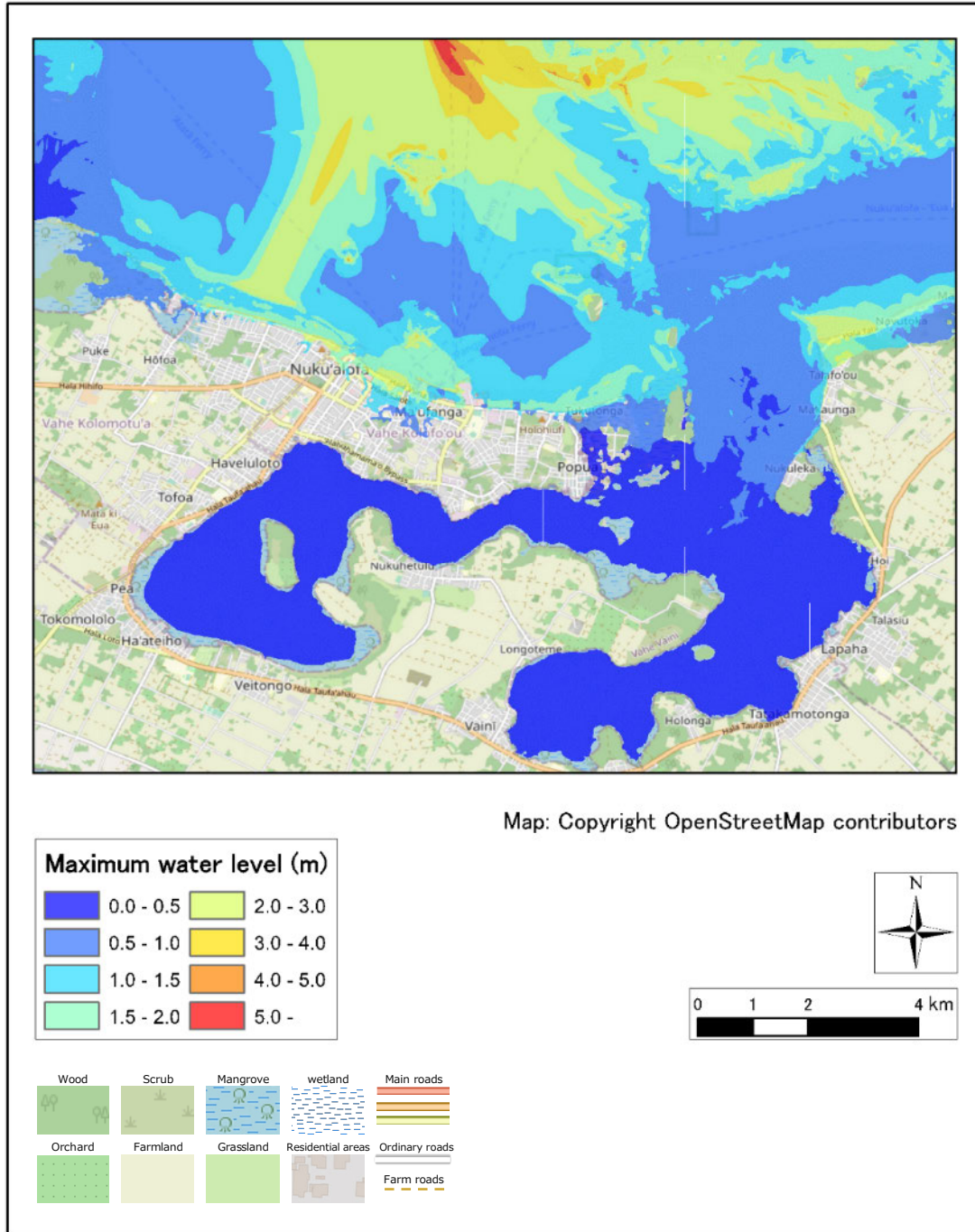
CASE: Volc1-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.44 最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m)

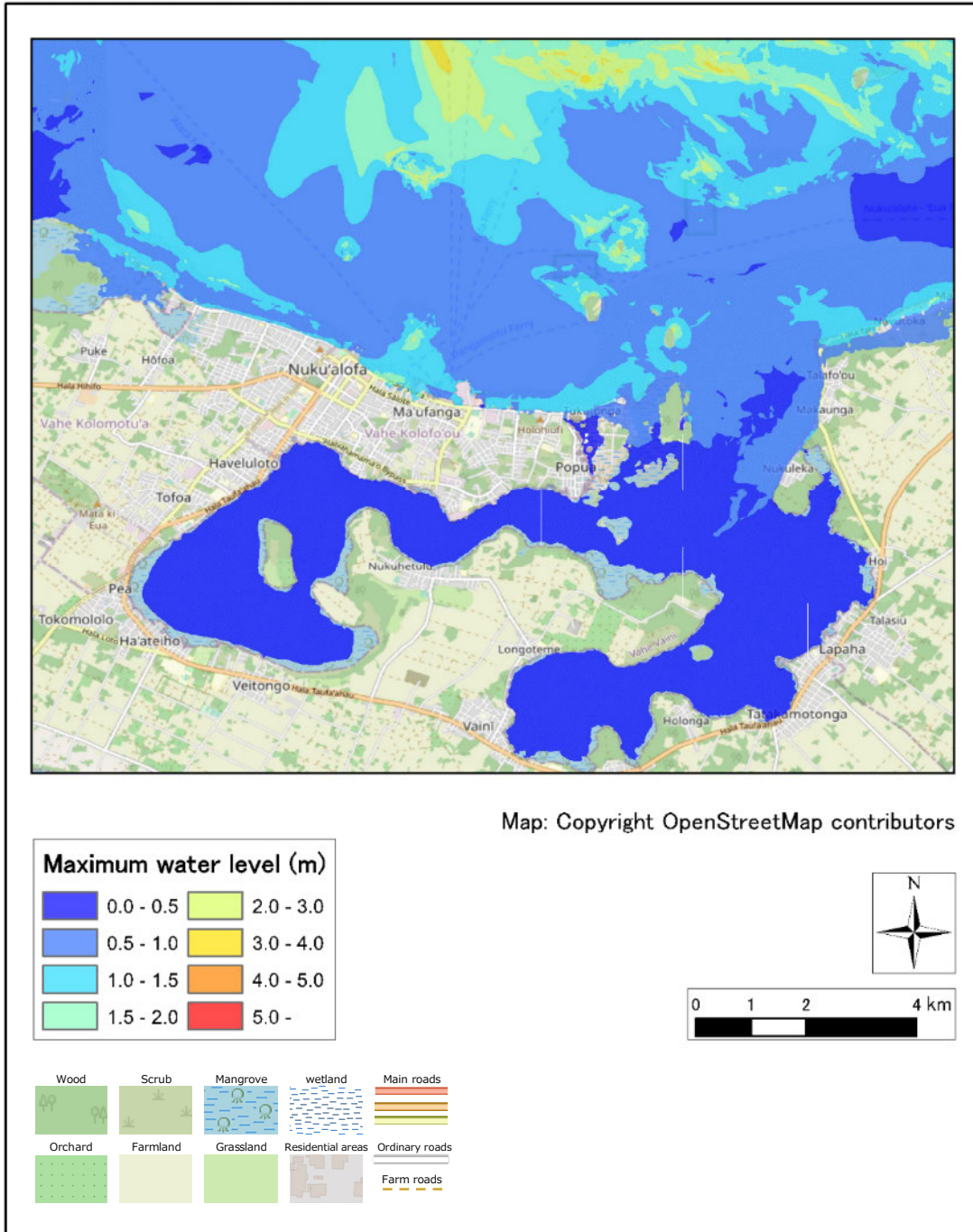
CASE: Volc2-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.45 最大水位分布図 (HomeReef, H=90m)

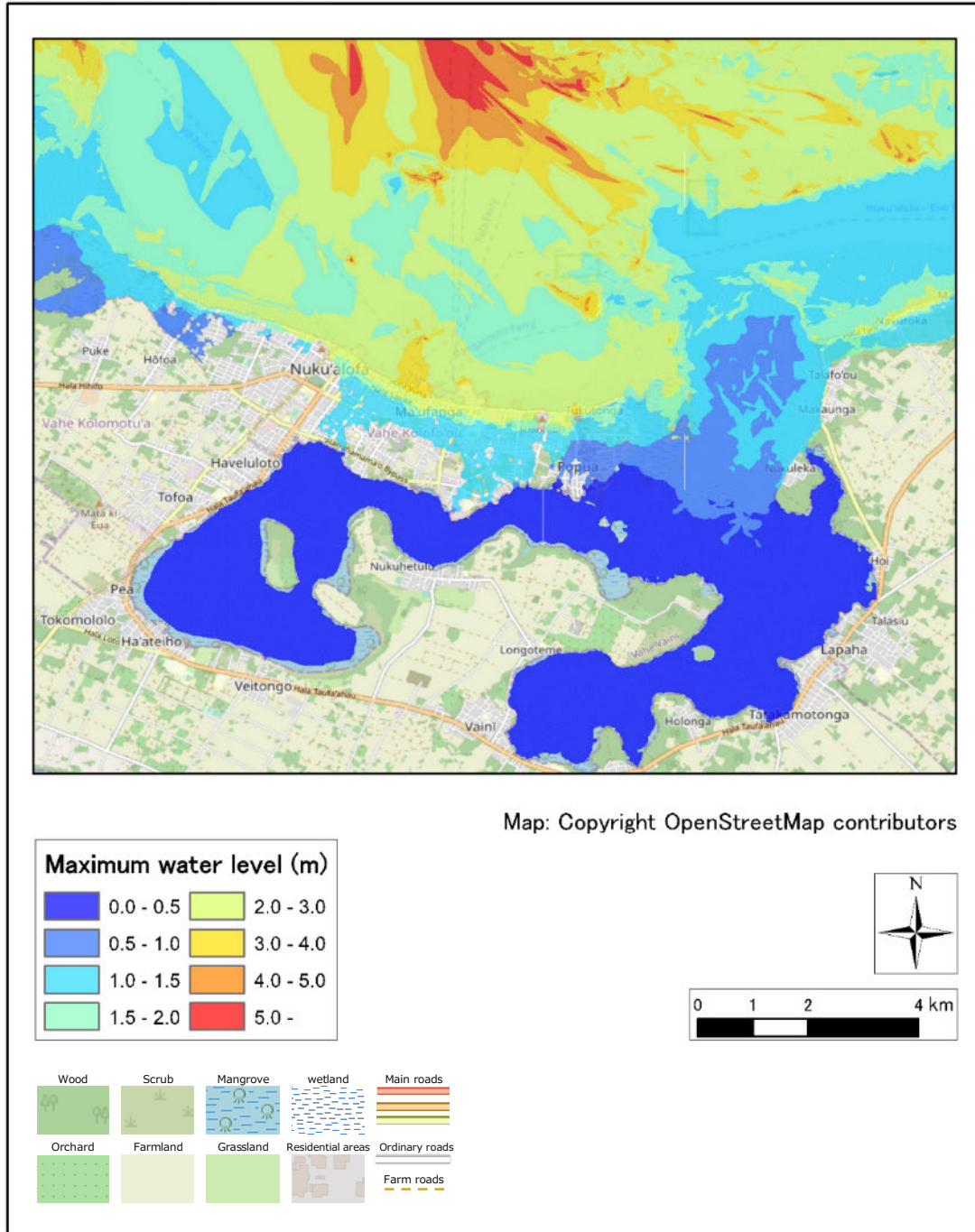
CASE: Volc3-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.46 最大水位分布図 (Lateiki, H=90m)

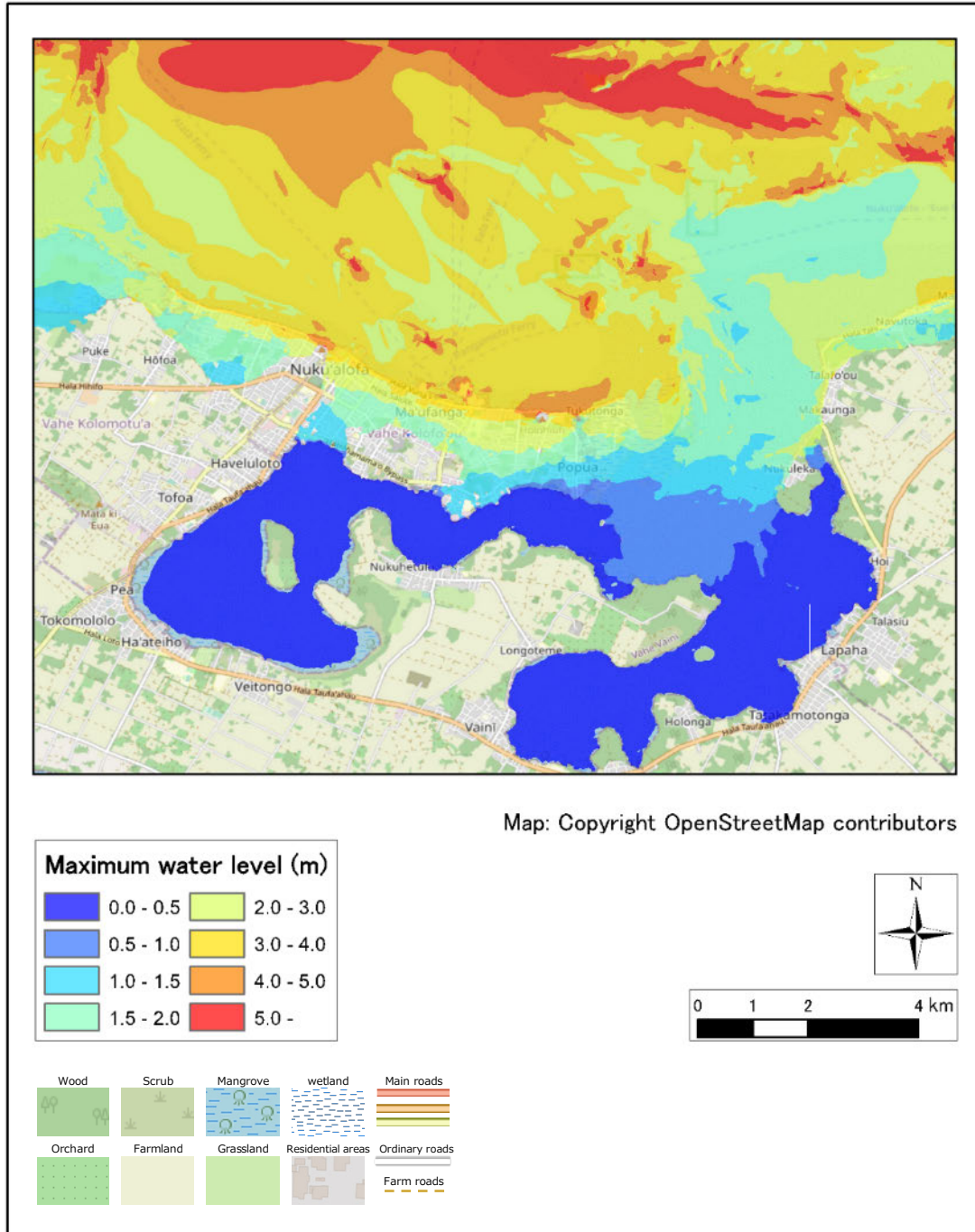
CASE: Volc4-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.47 最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)

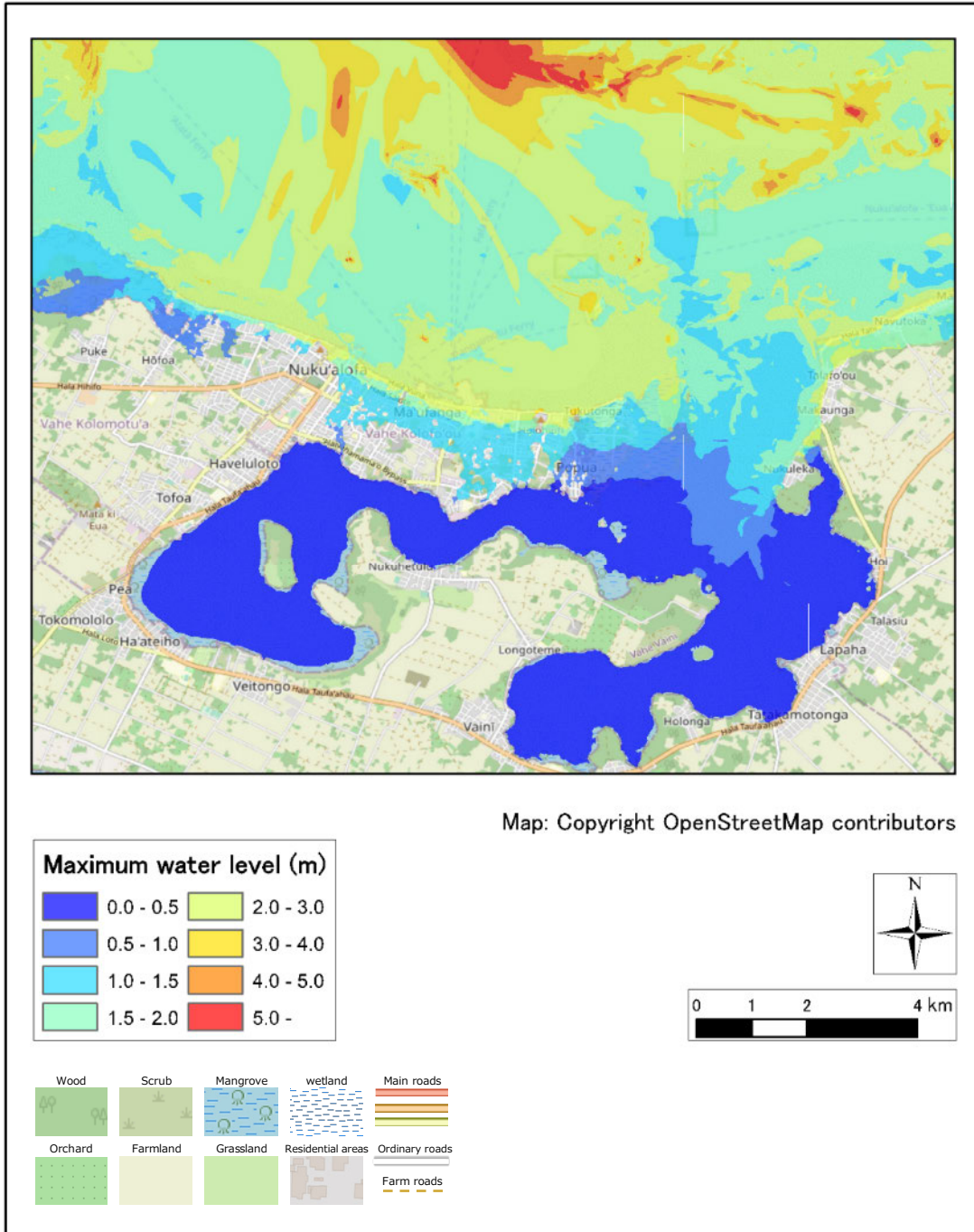
CASE: Volc5-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.48 最大水位分布図 (Unnamed2, H=90m)

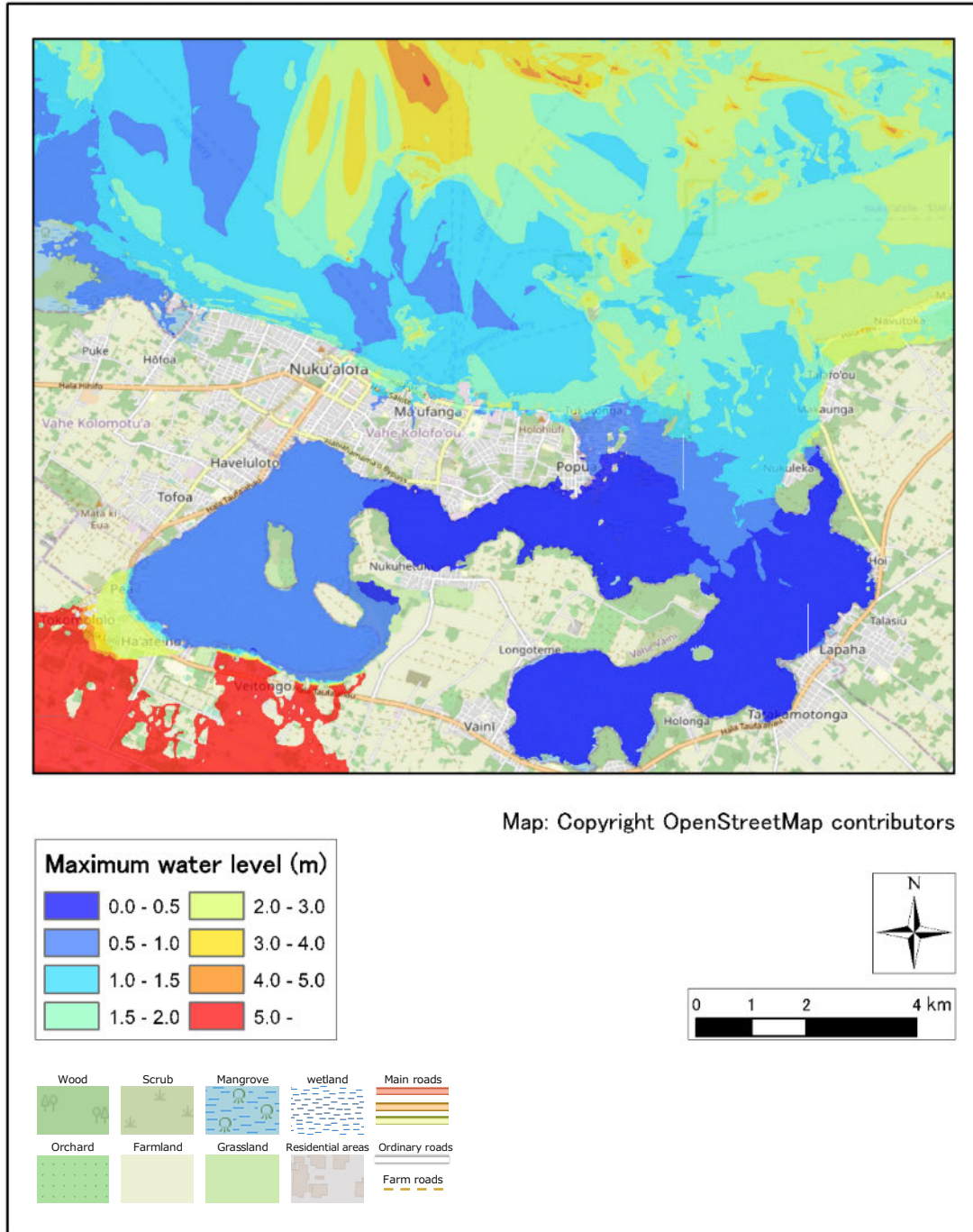
CASE: Volc6-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.49 最大水位分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-1_StrMwl

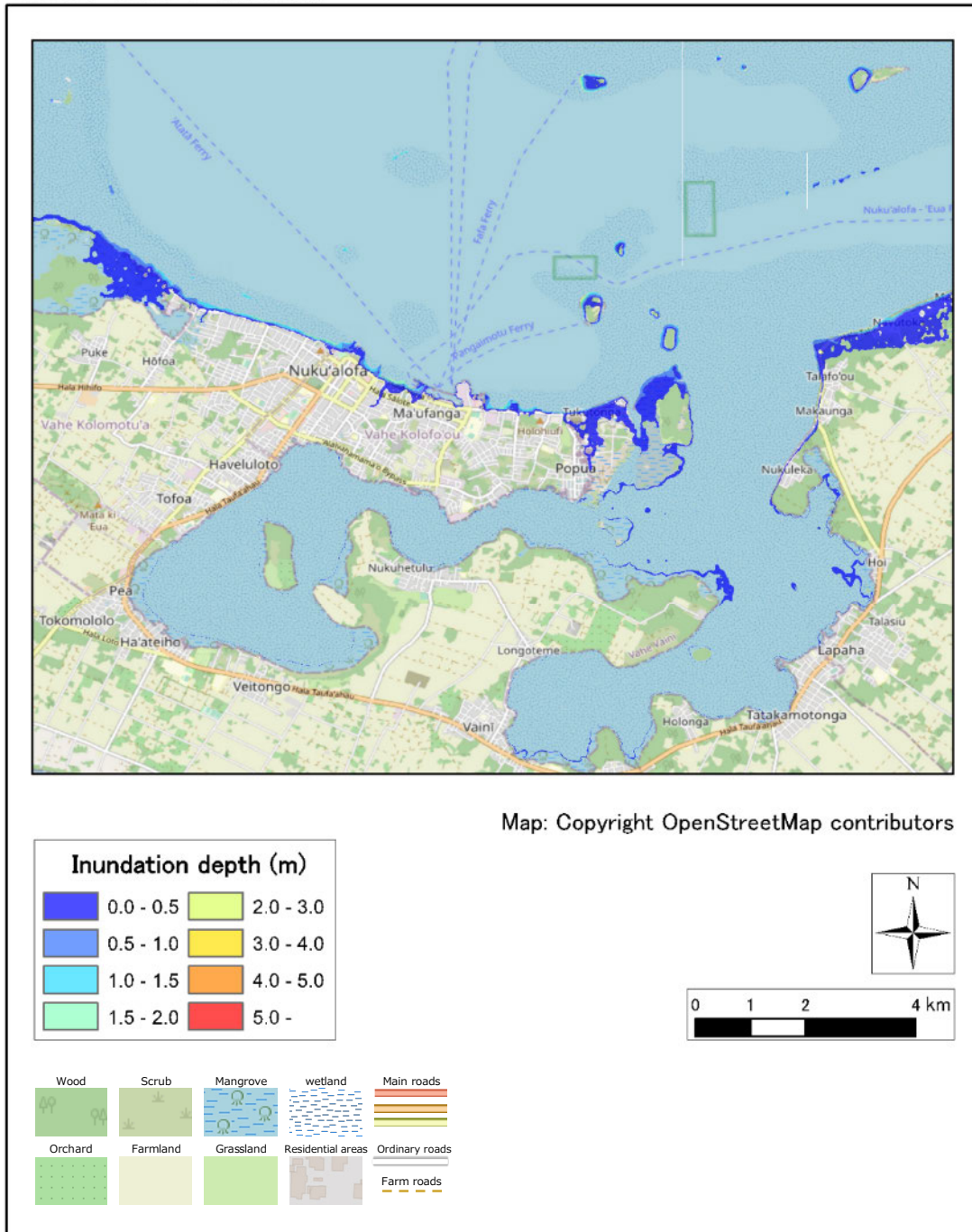


出典：JICA 調査団作成

図 2.6.50 最大水位分布図 (Unnamed4, H=90m)

2) 最大浸水深分布 (ヌクアロファ、トンガタブ島)

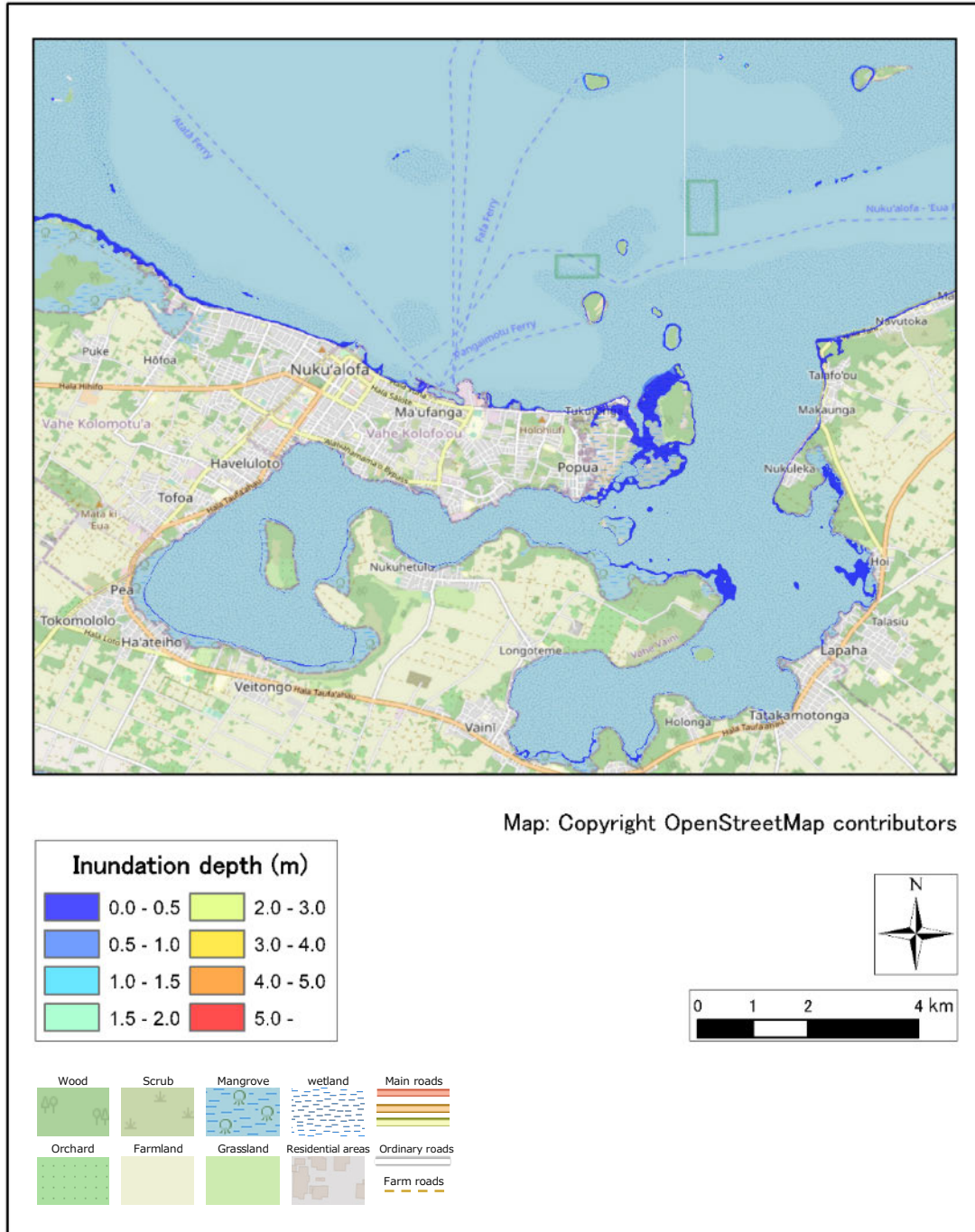
CASE: Volc0-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.51 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=30m)

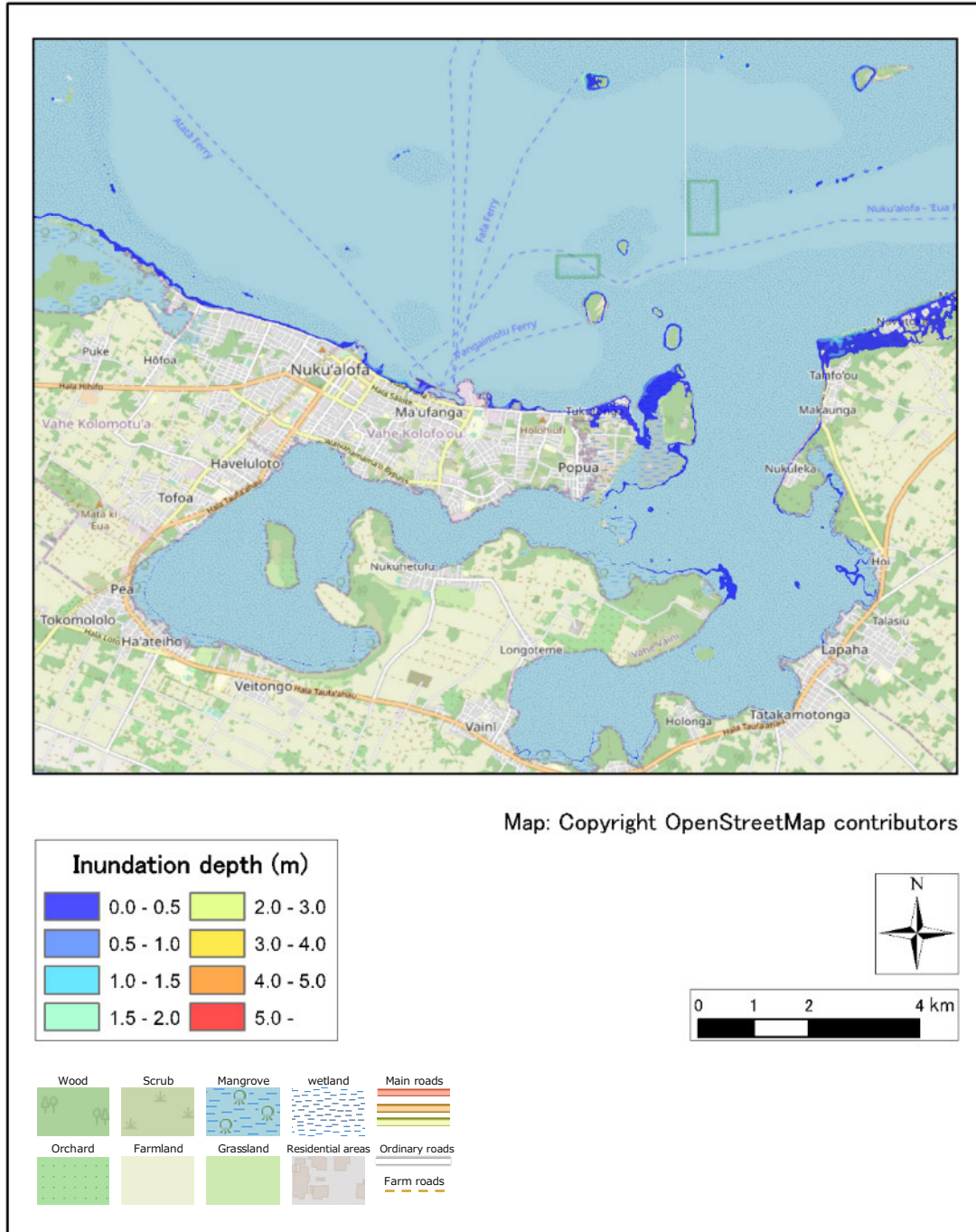
CASE: Volc1-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.52 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m)

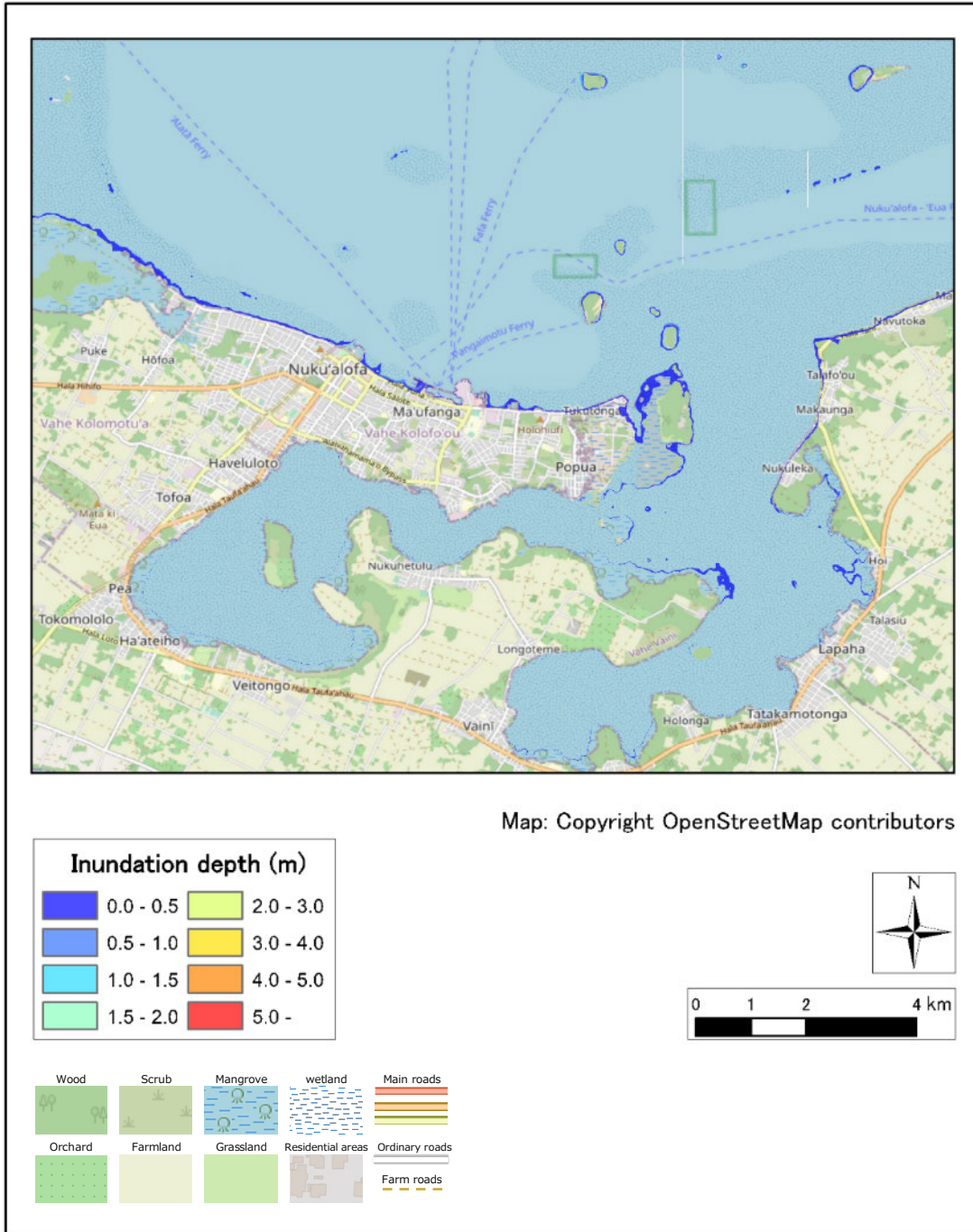
CASE: Volc2-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.53 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m)

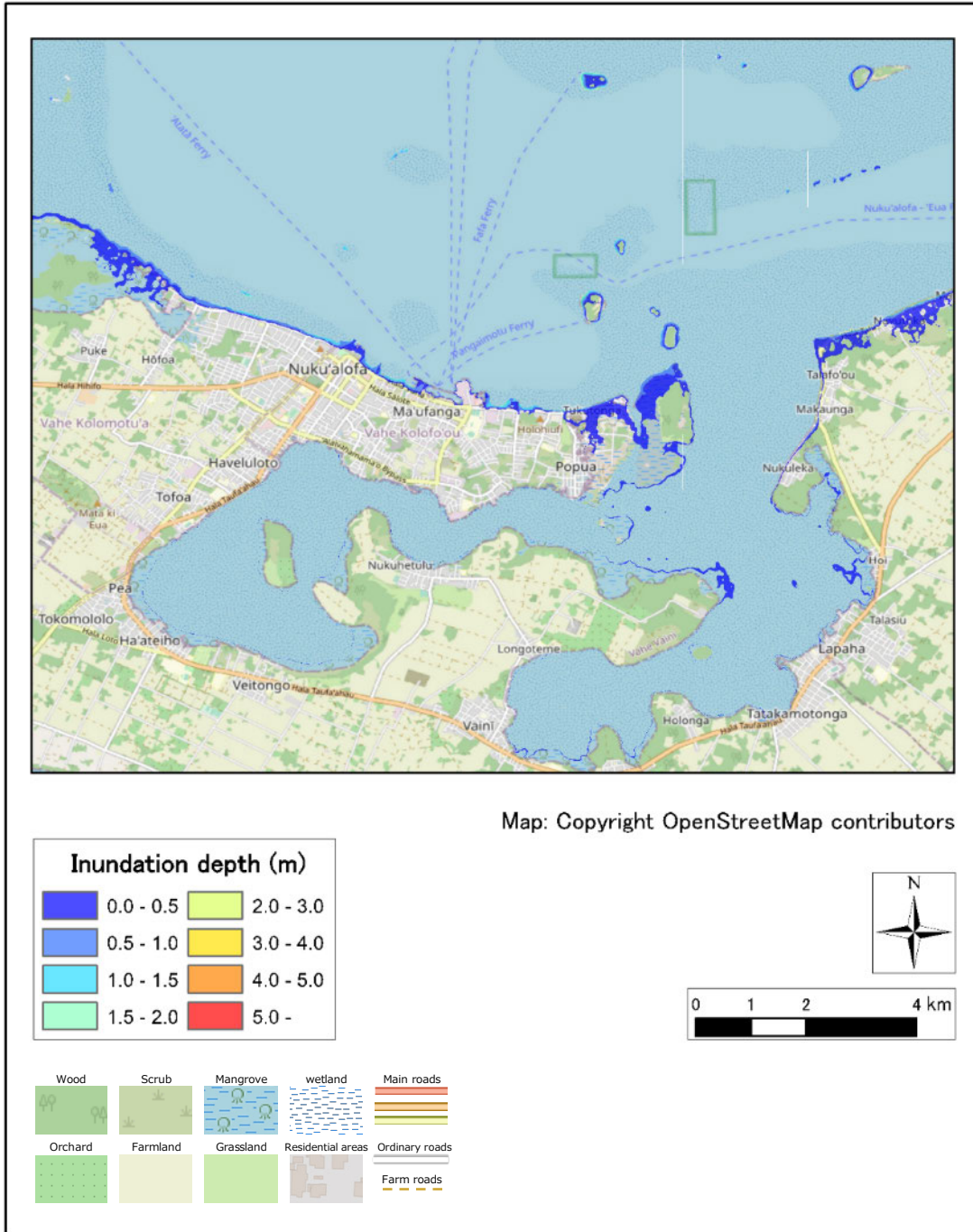
CASE: Volc3-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.54 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m)

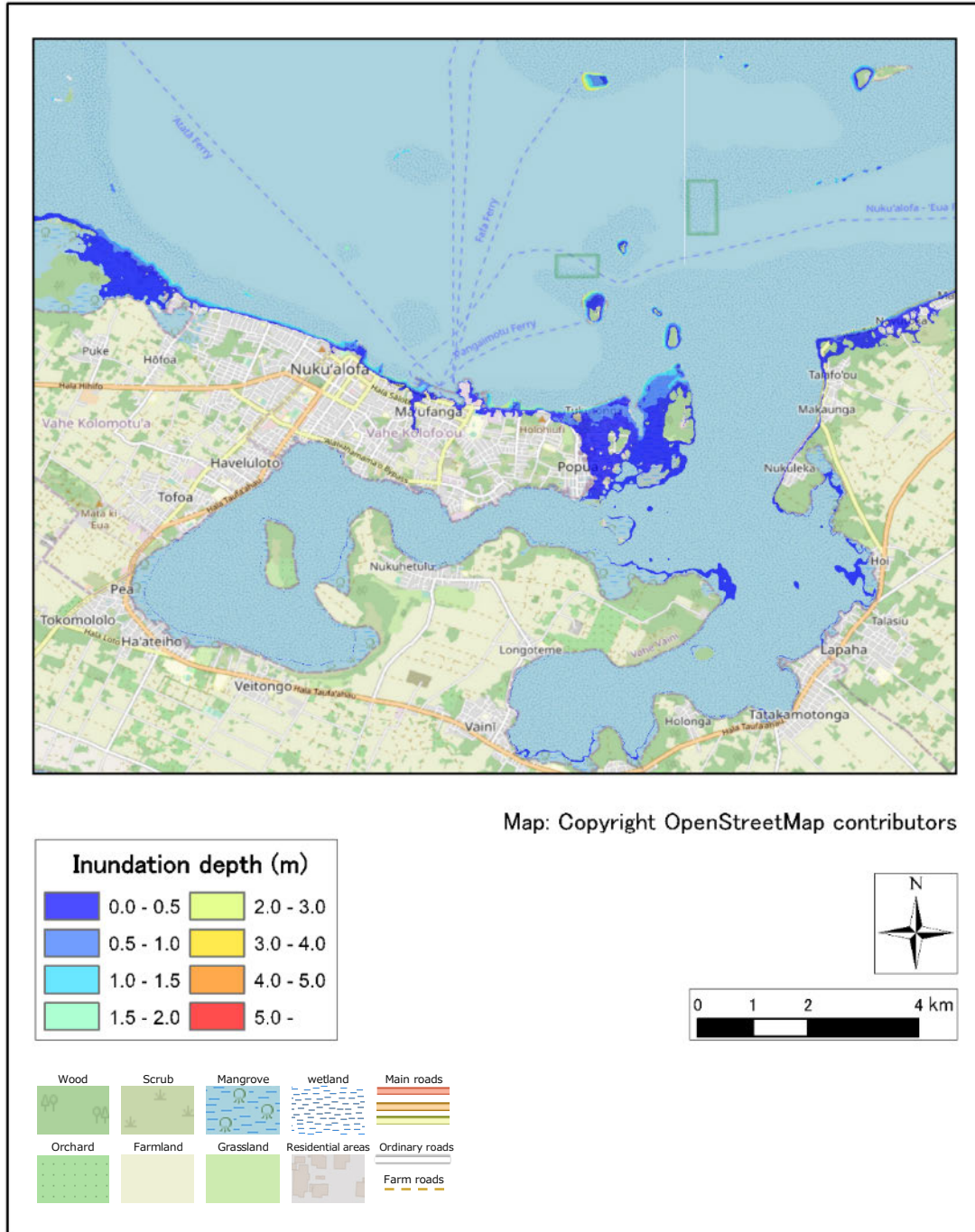
CASE: Volc4-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.55 最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou H=30m)

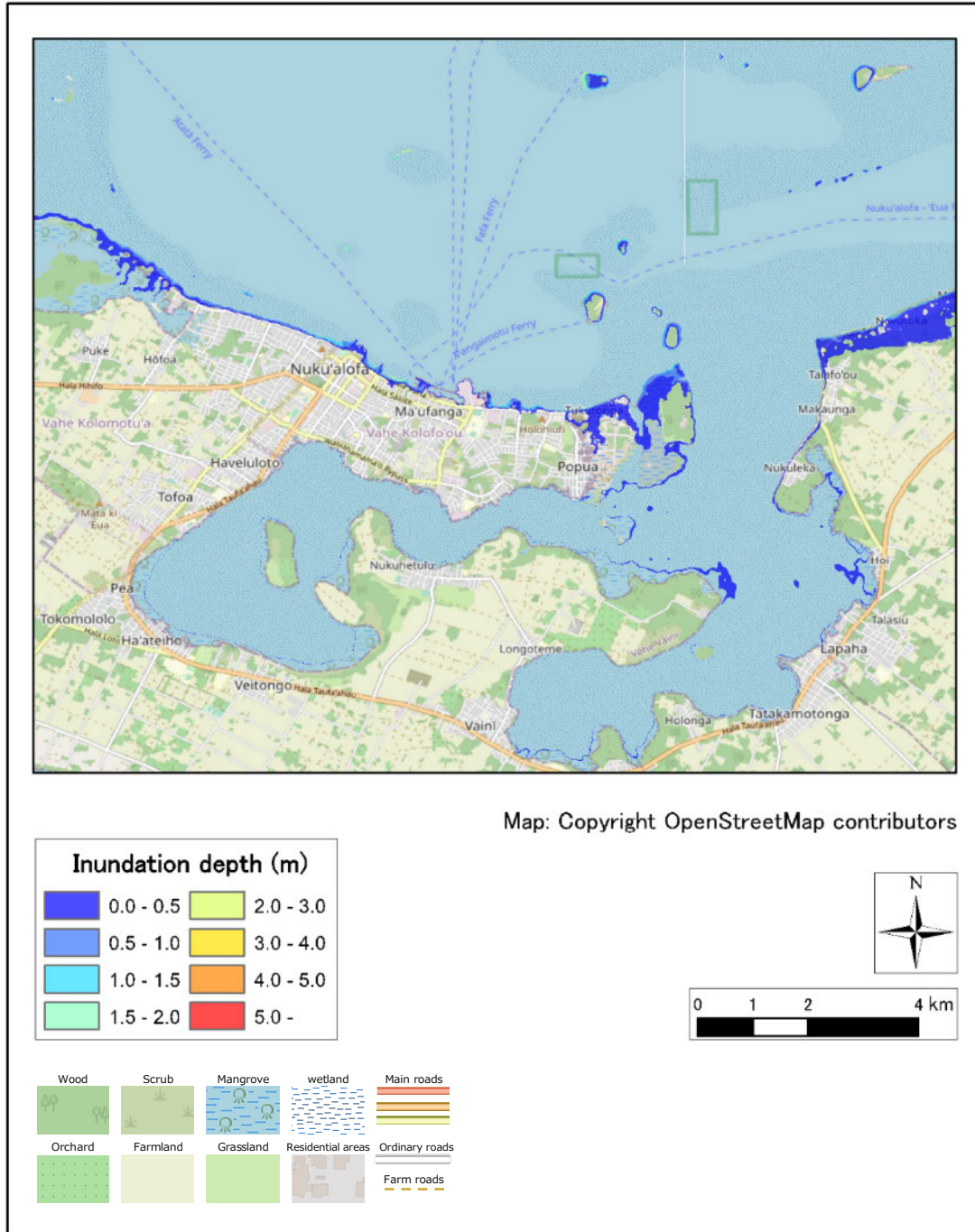
CASE: Volc5-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.56 最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=30m)

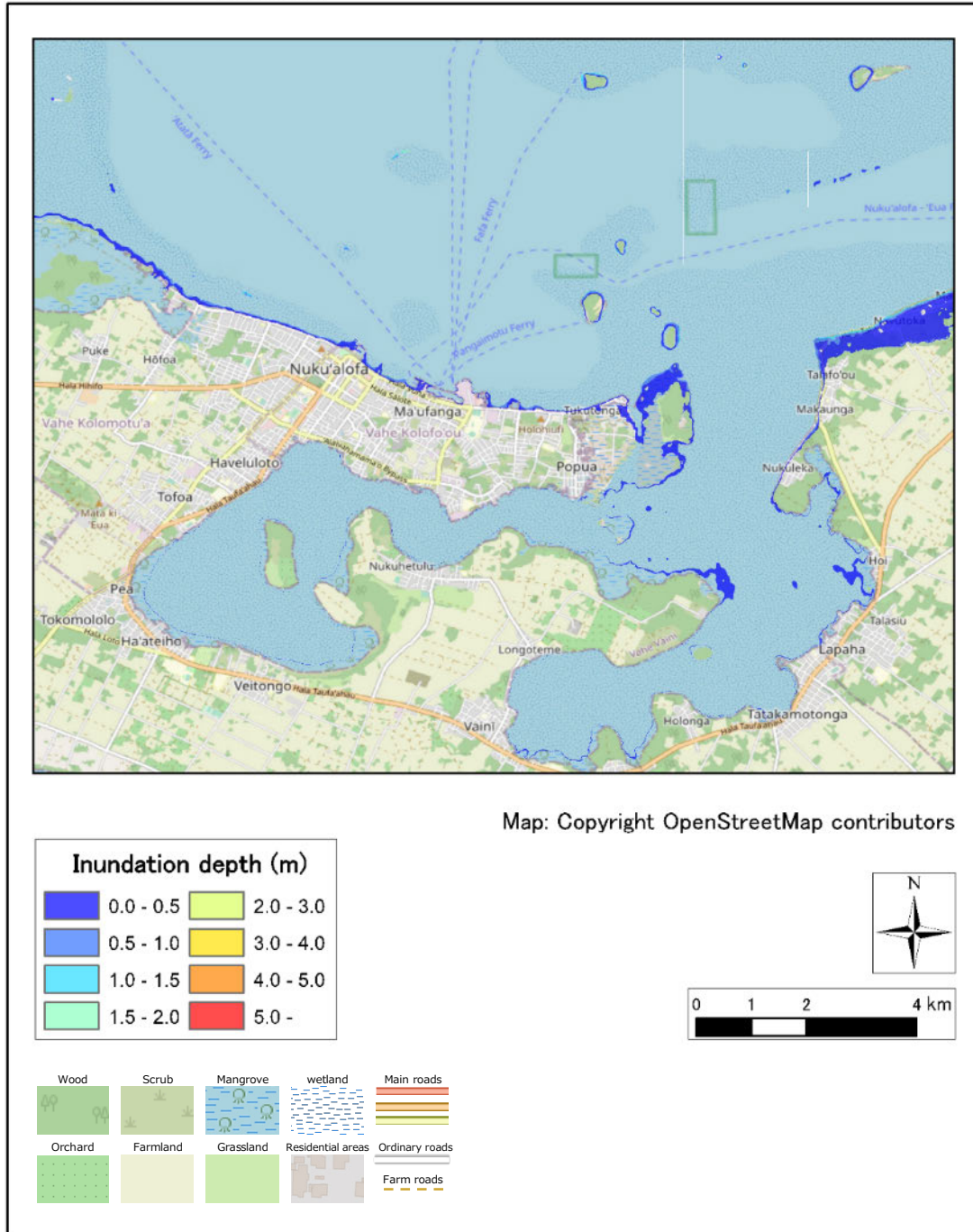
CASE: Volc6-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.57 最大浸水深分布図 (Unamed3, H=30m)

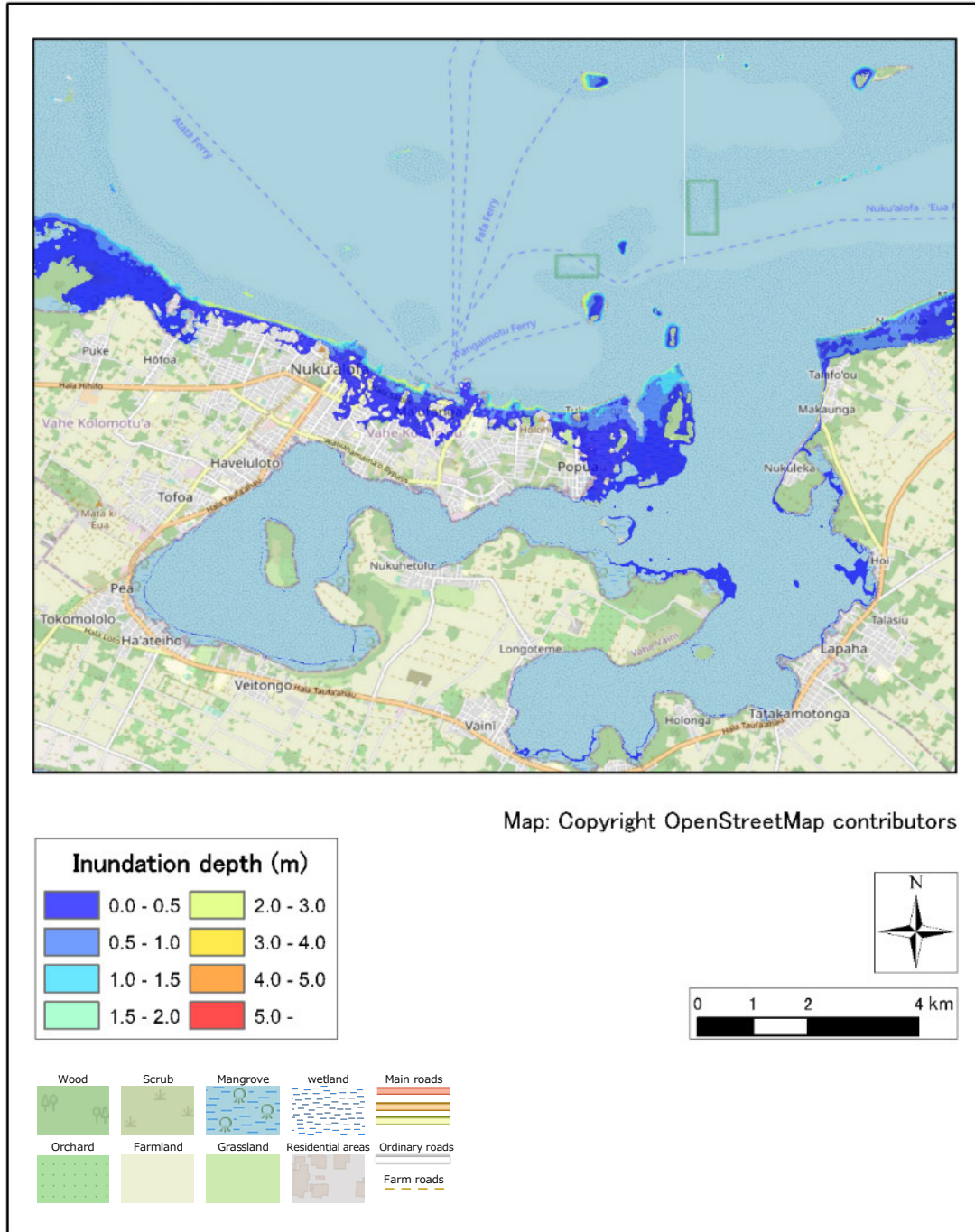
CASE: Volc7-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.58 最大浸水深分布図 (Unamed4, H=30m)

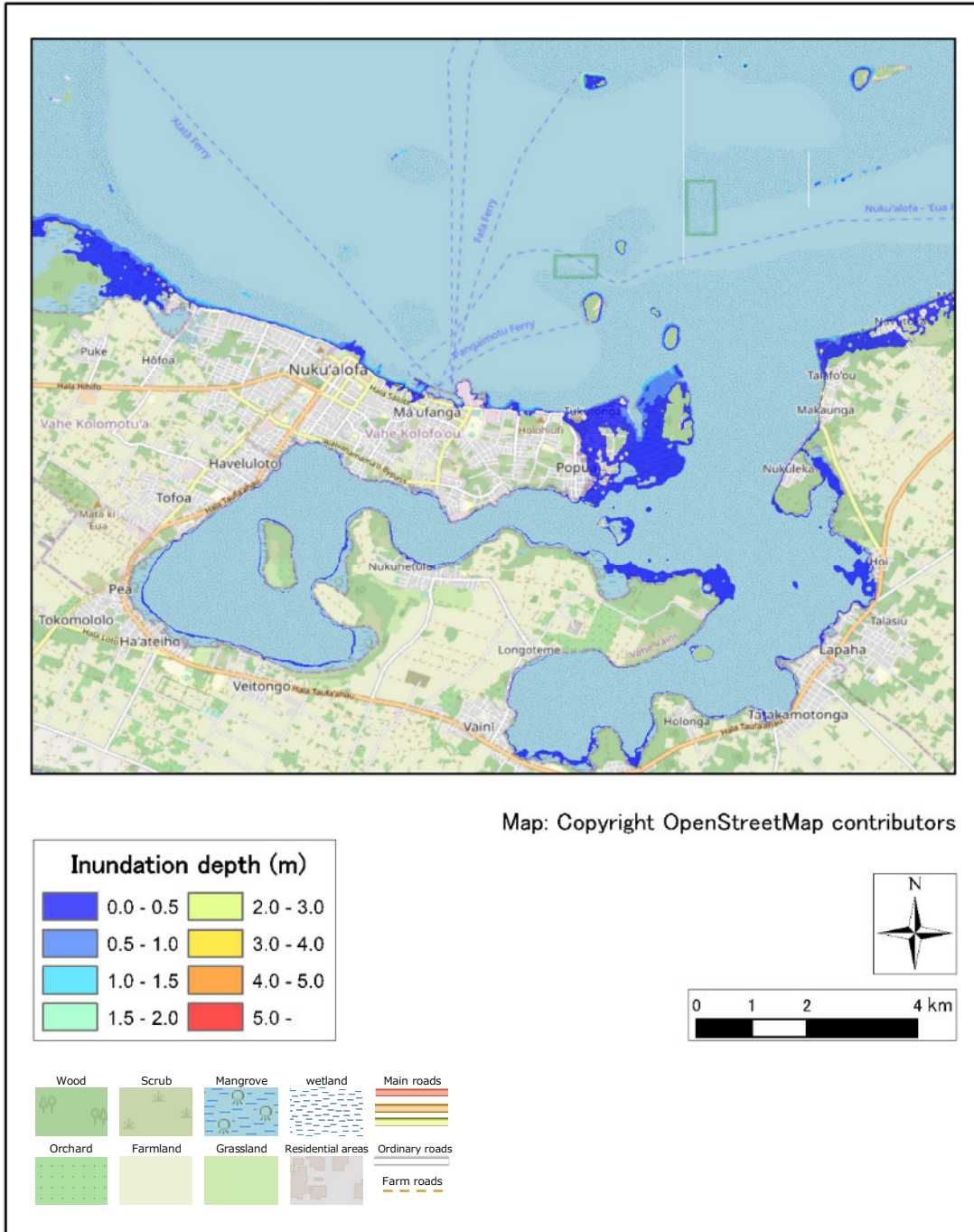
CASE: Volc0-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.59 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)

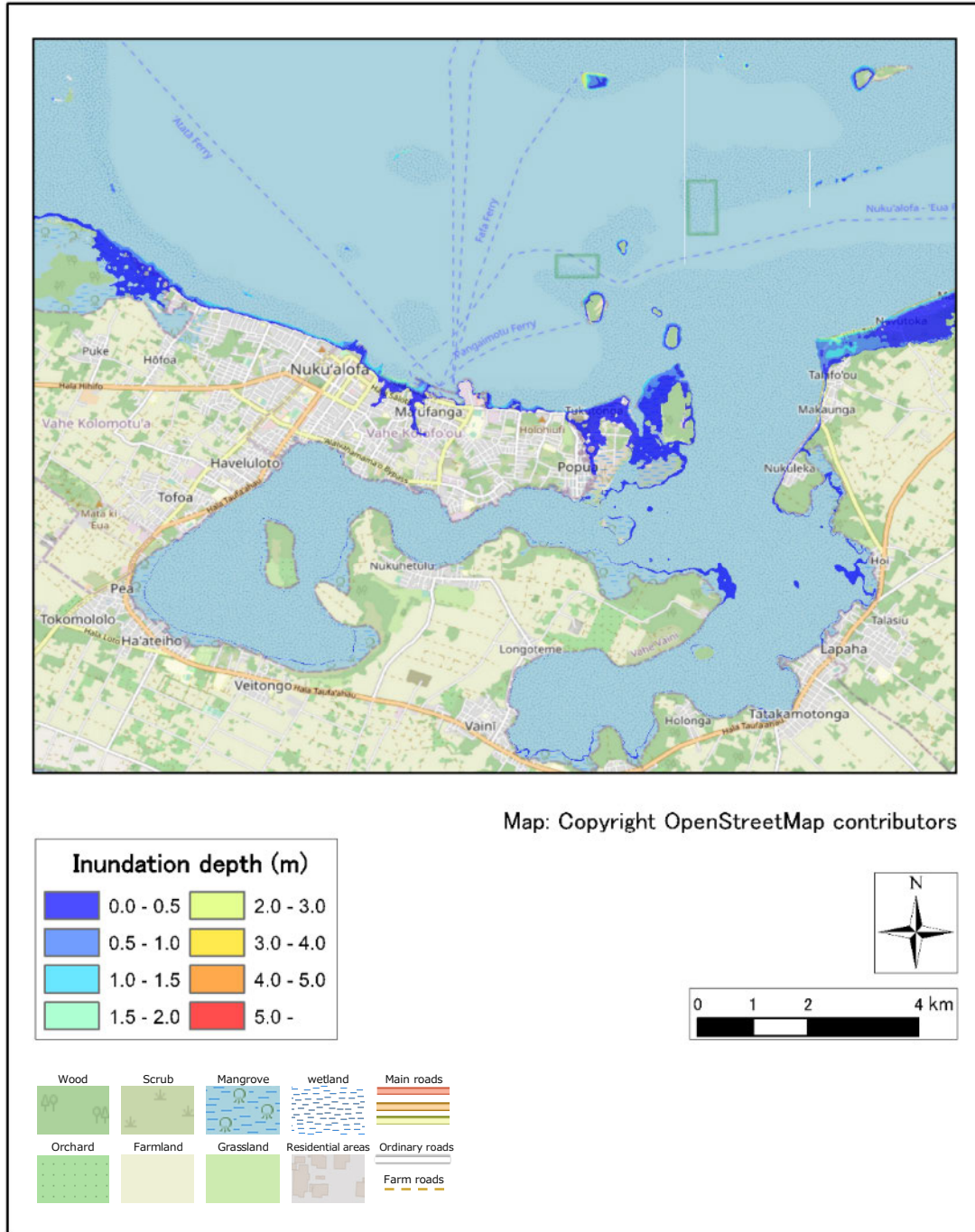
CASE: Volc1-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.60 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m)

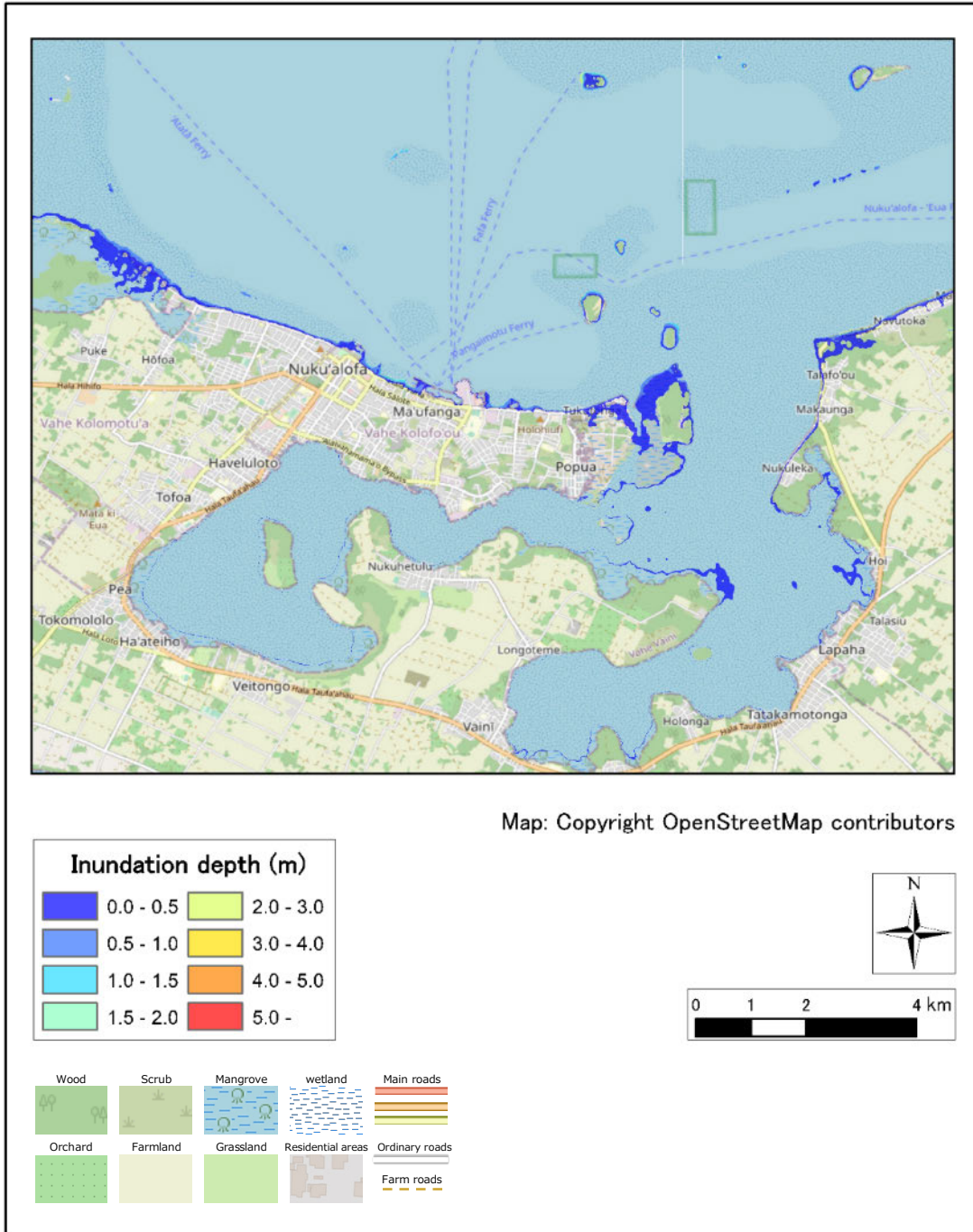
CASE: Volc2-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.61 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m)

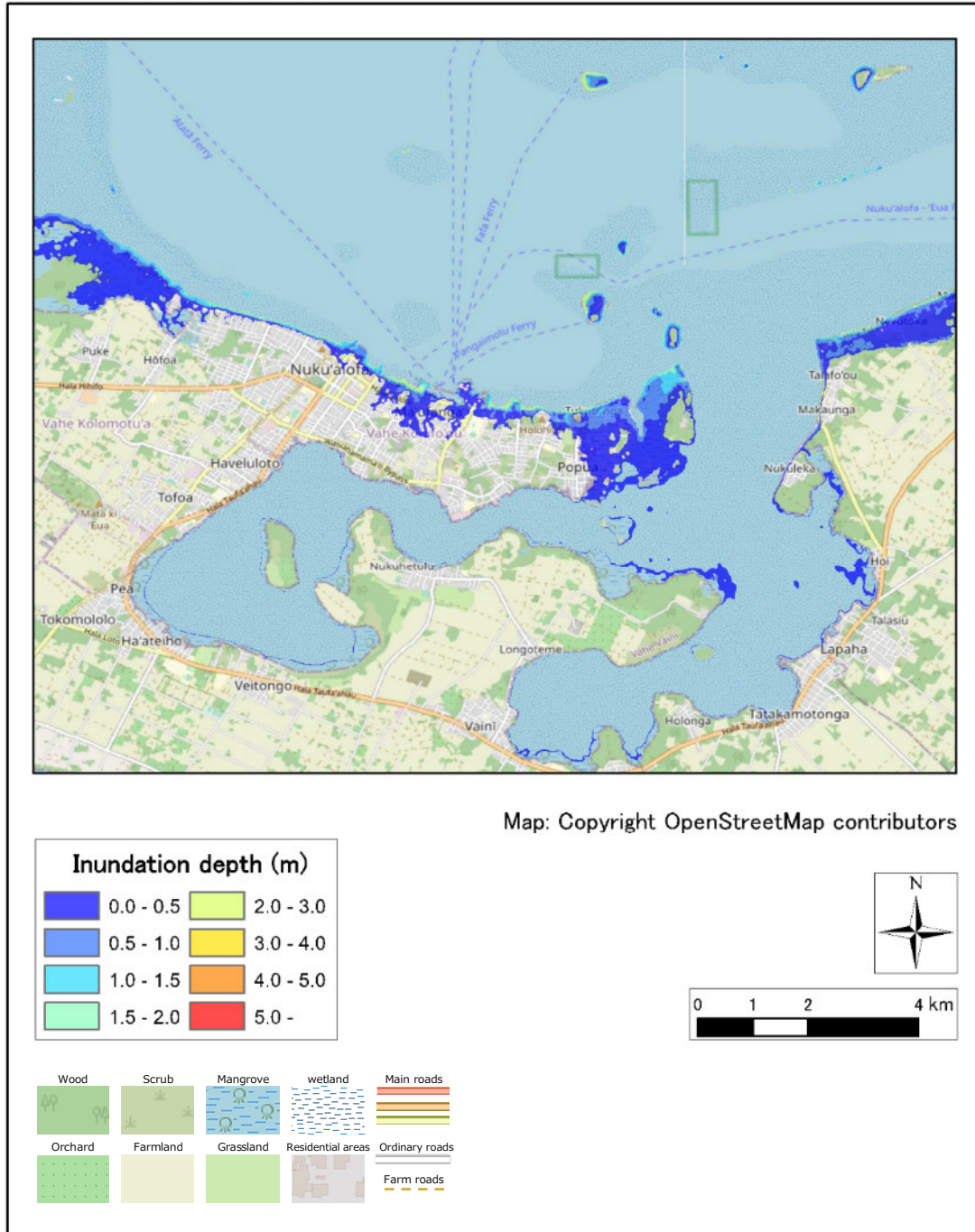
CASE: Volc3-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.62 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m)

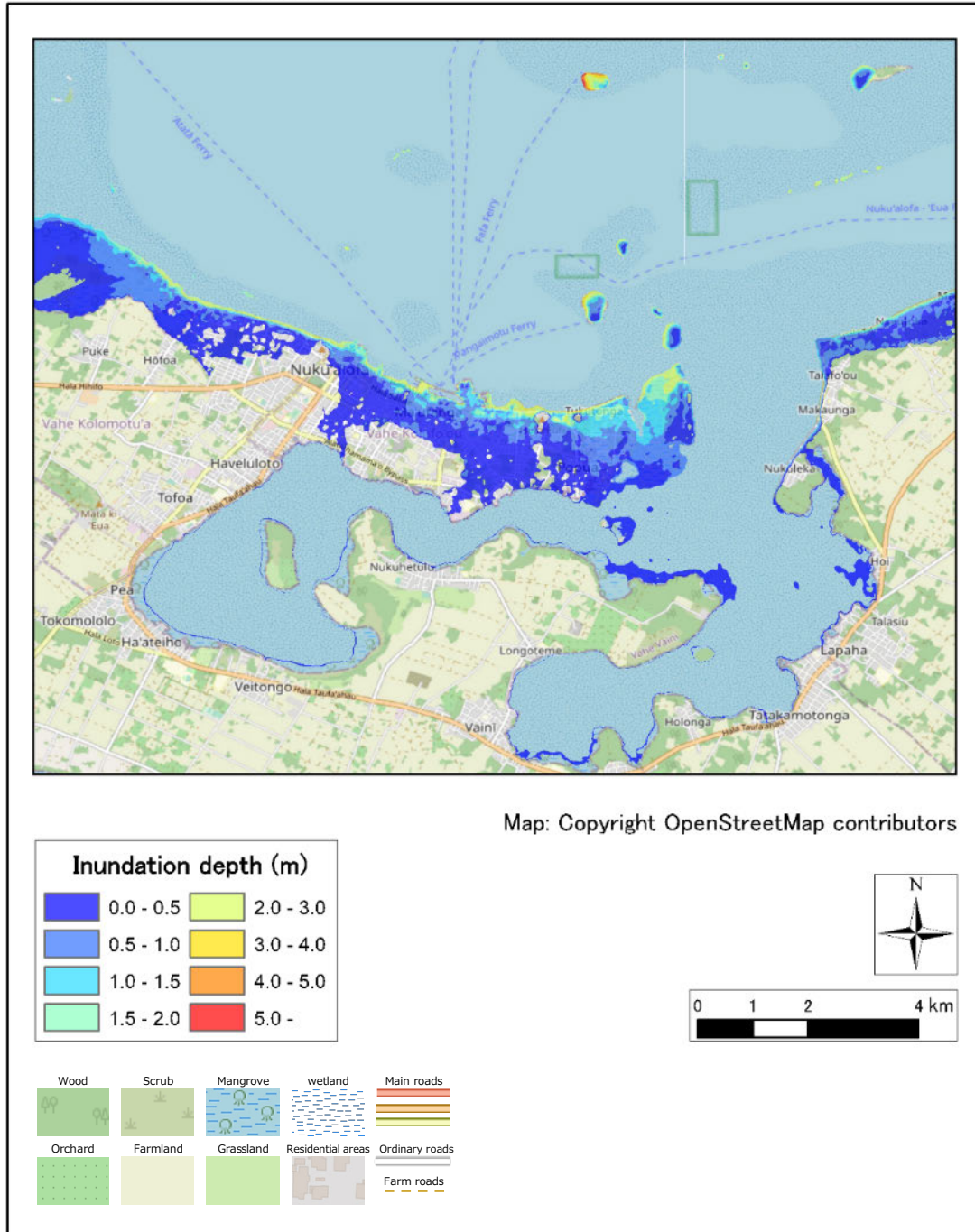
CASE: Volc4-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.63 最大浸水深分布図 (Fonoafo'ou, H=60m)

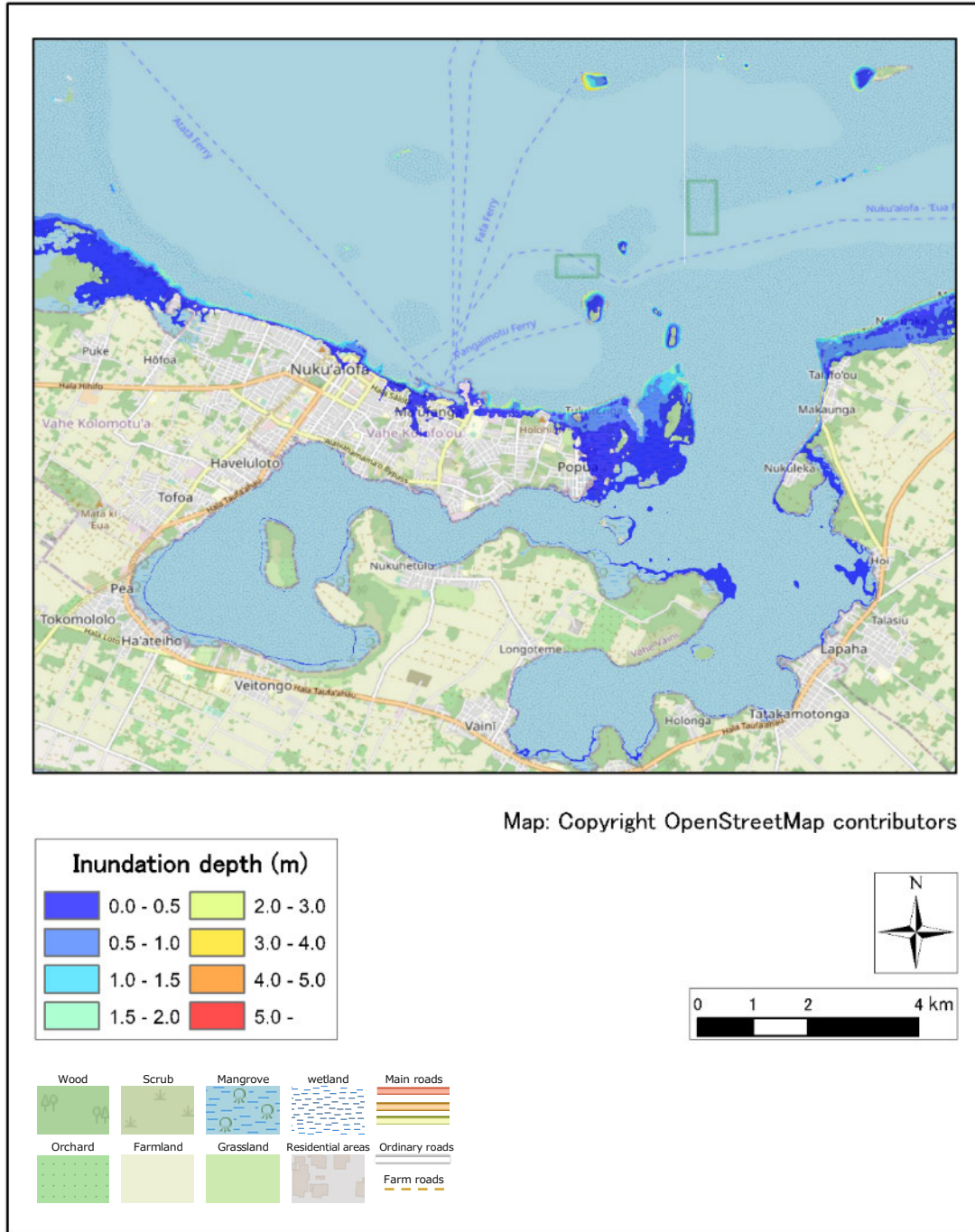
CASE: Volc5-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.64 最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=60m)

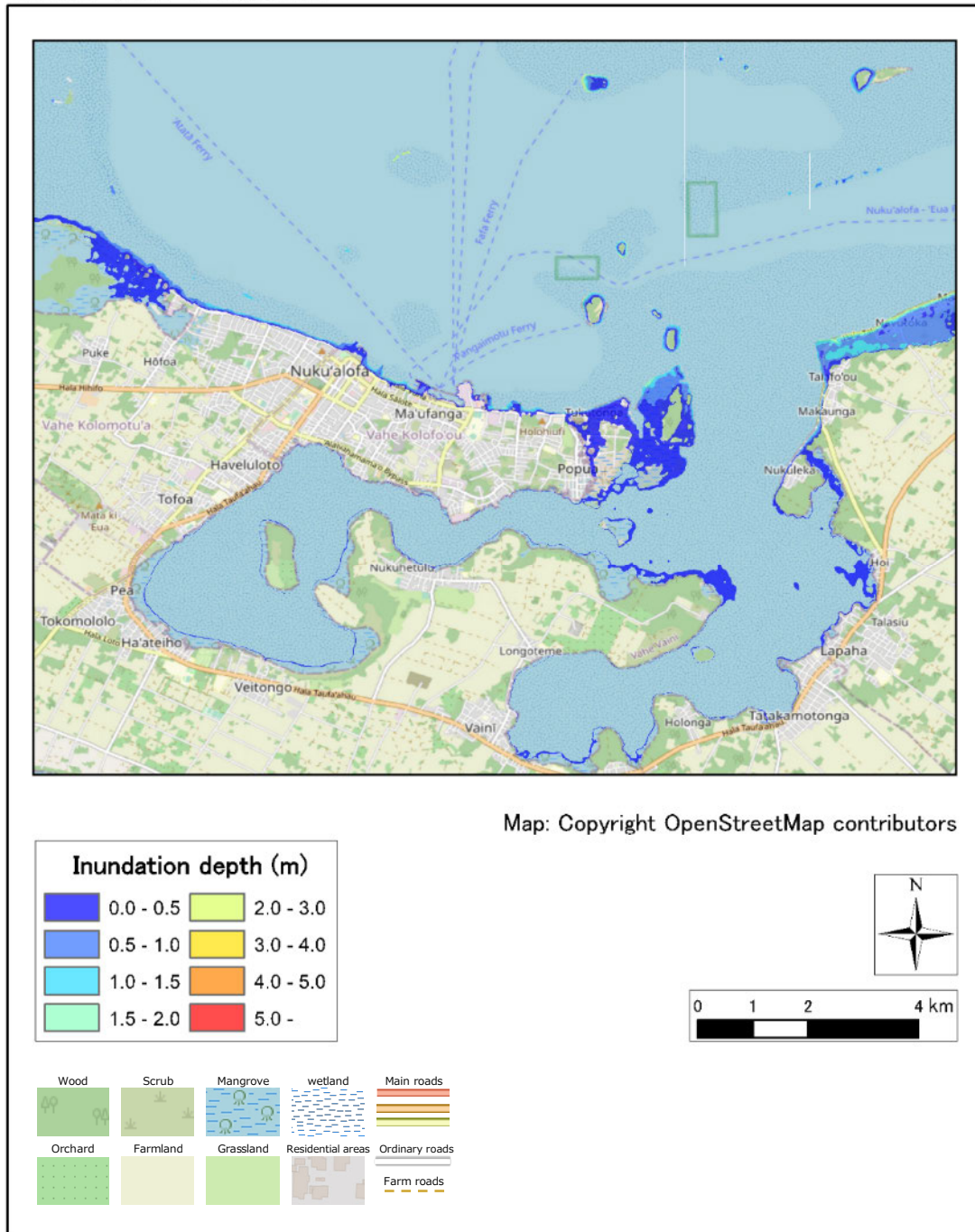
CASE: Volc6-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.65 最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=60m)

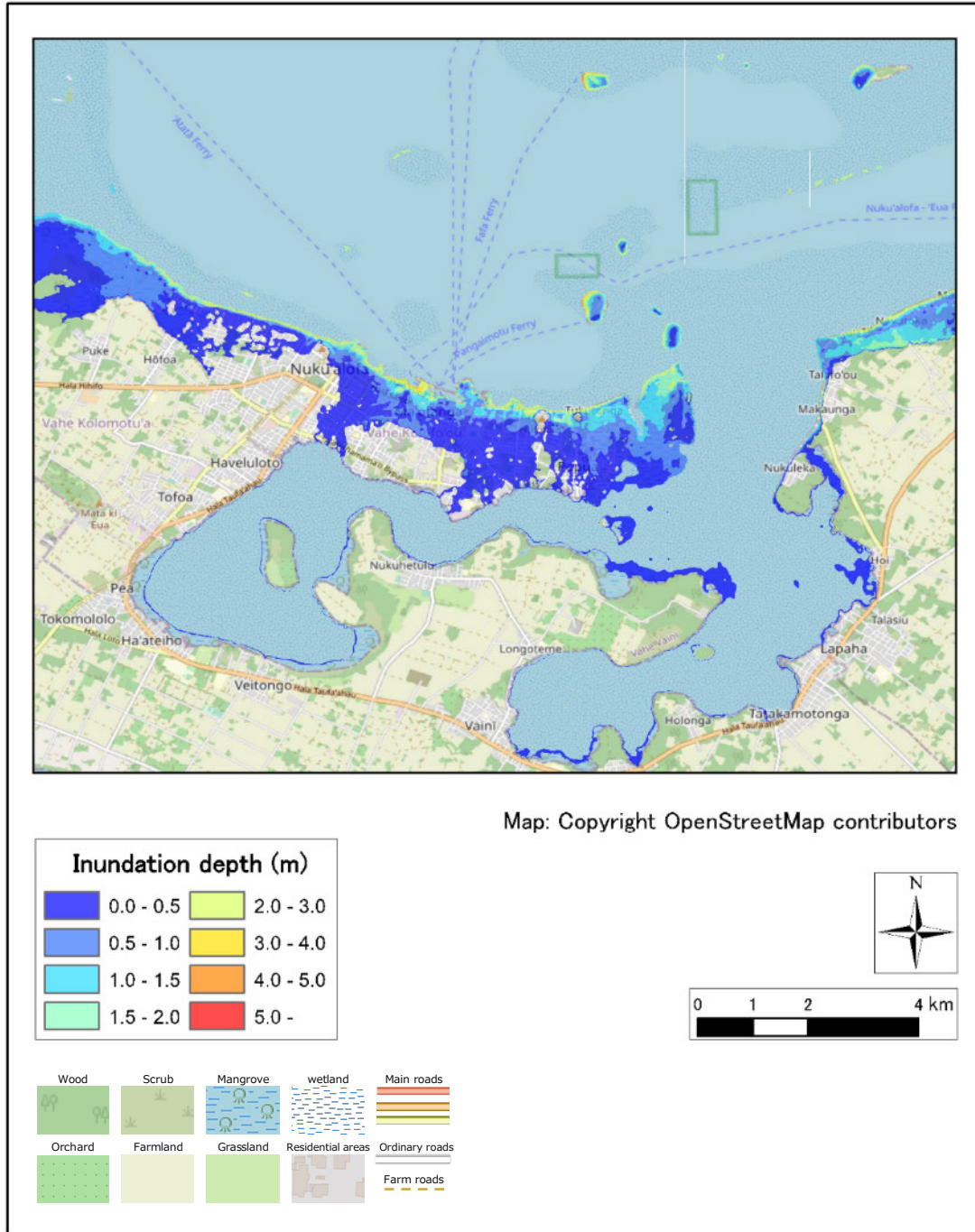
CASE: Volc7-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.66 最大浸水深分布図 (Unamed4, H=60m)

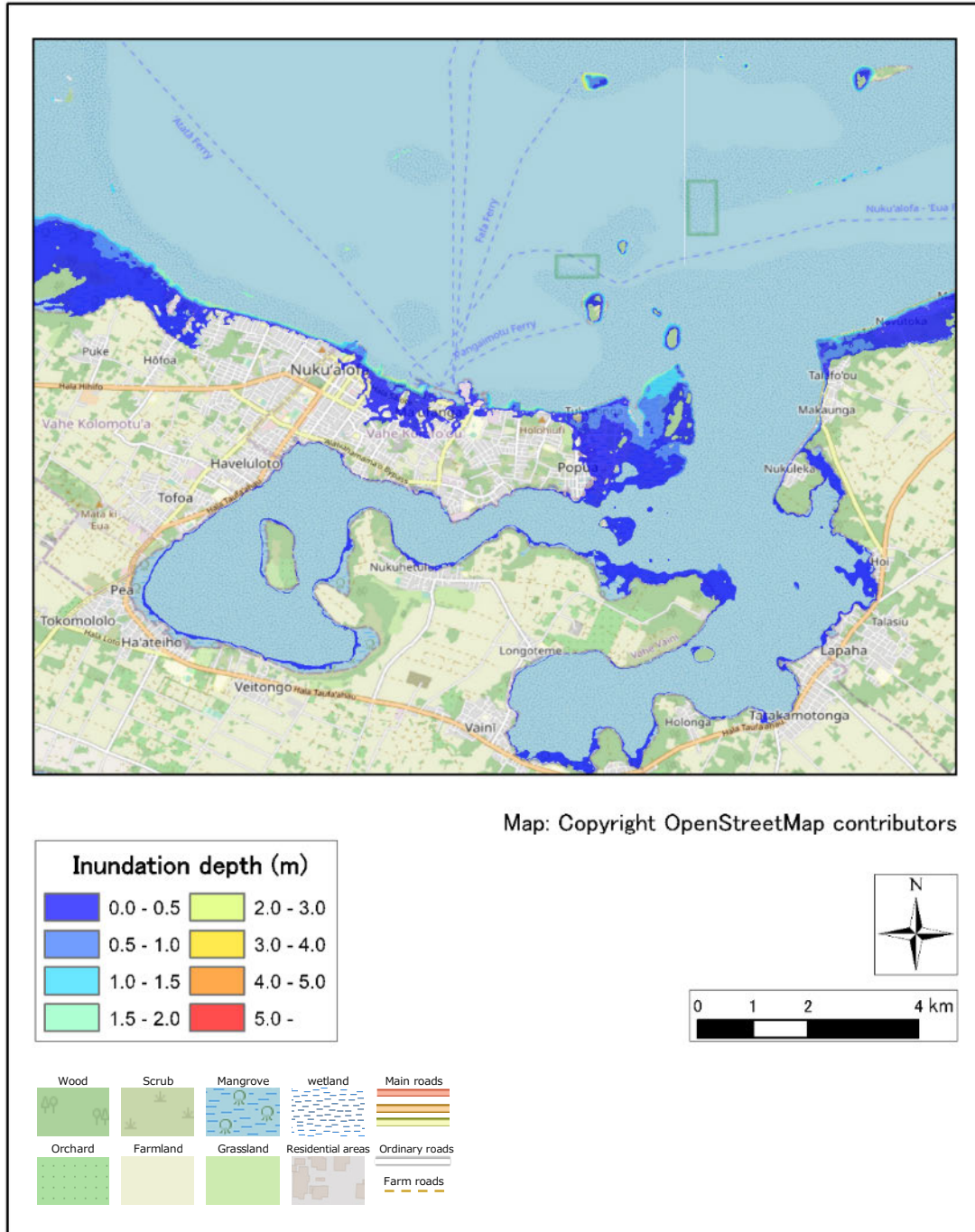
CASE: Volc0-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.67 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

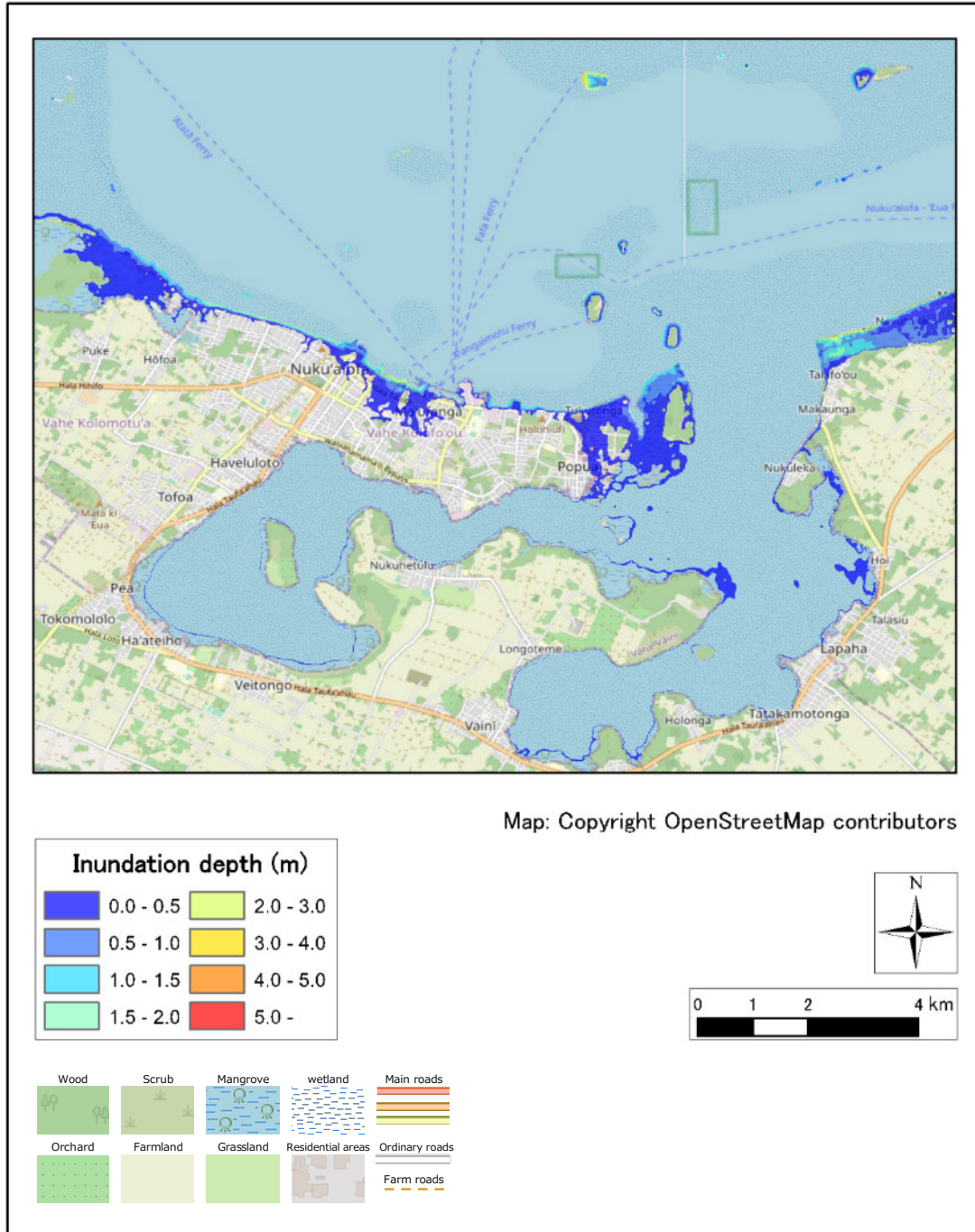
CASE: Volc1-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.68 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m)

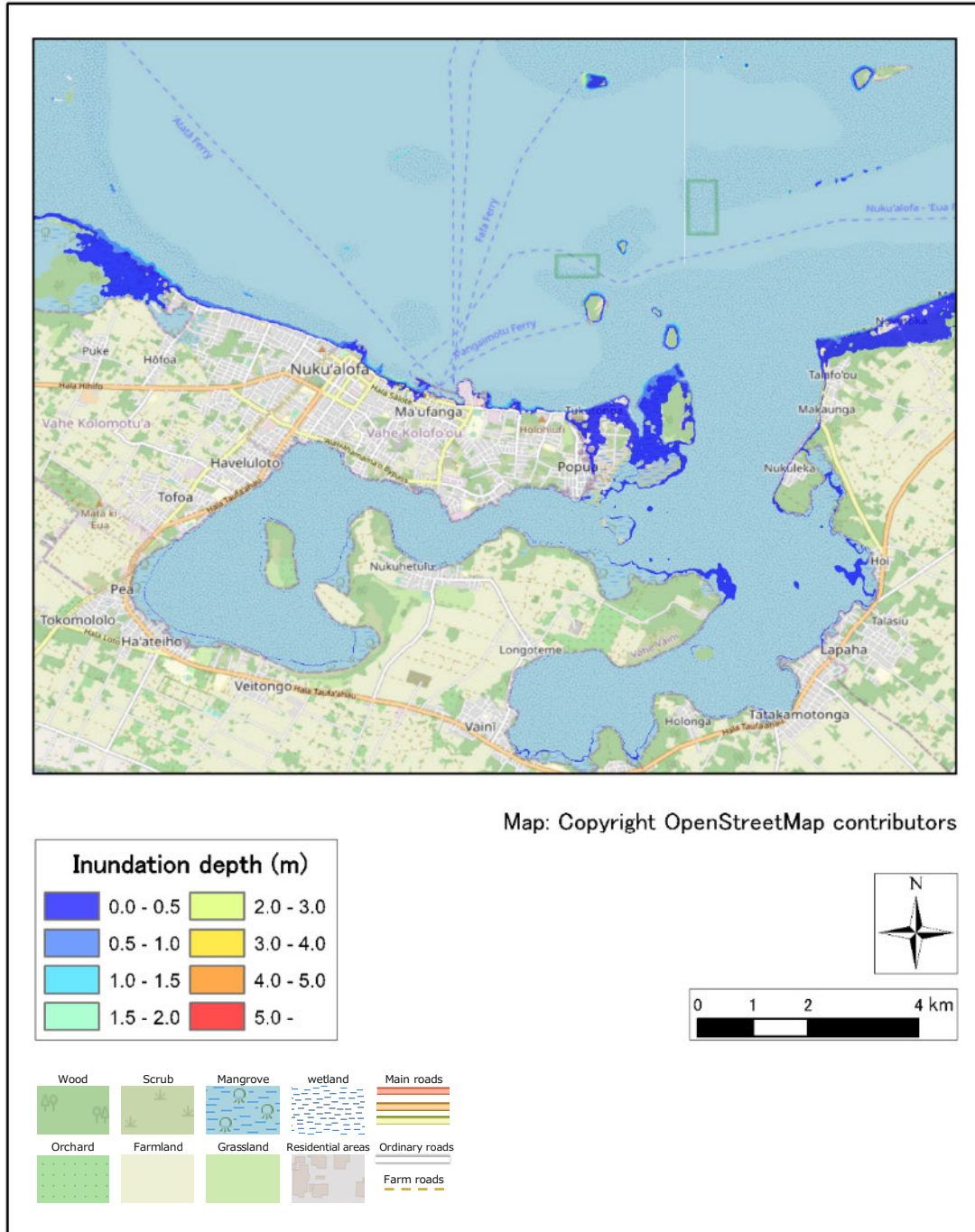
CASE: Volc2-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.69 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m)

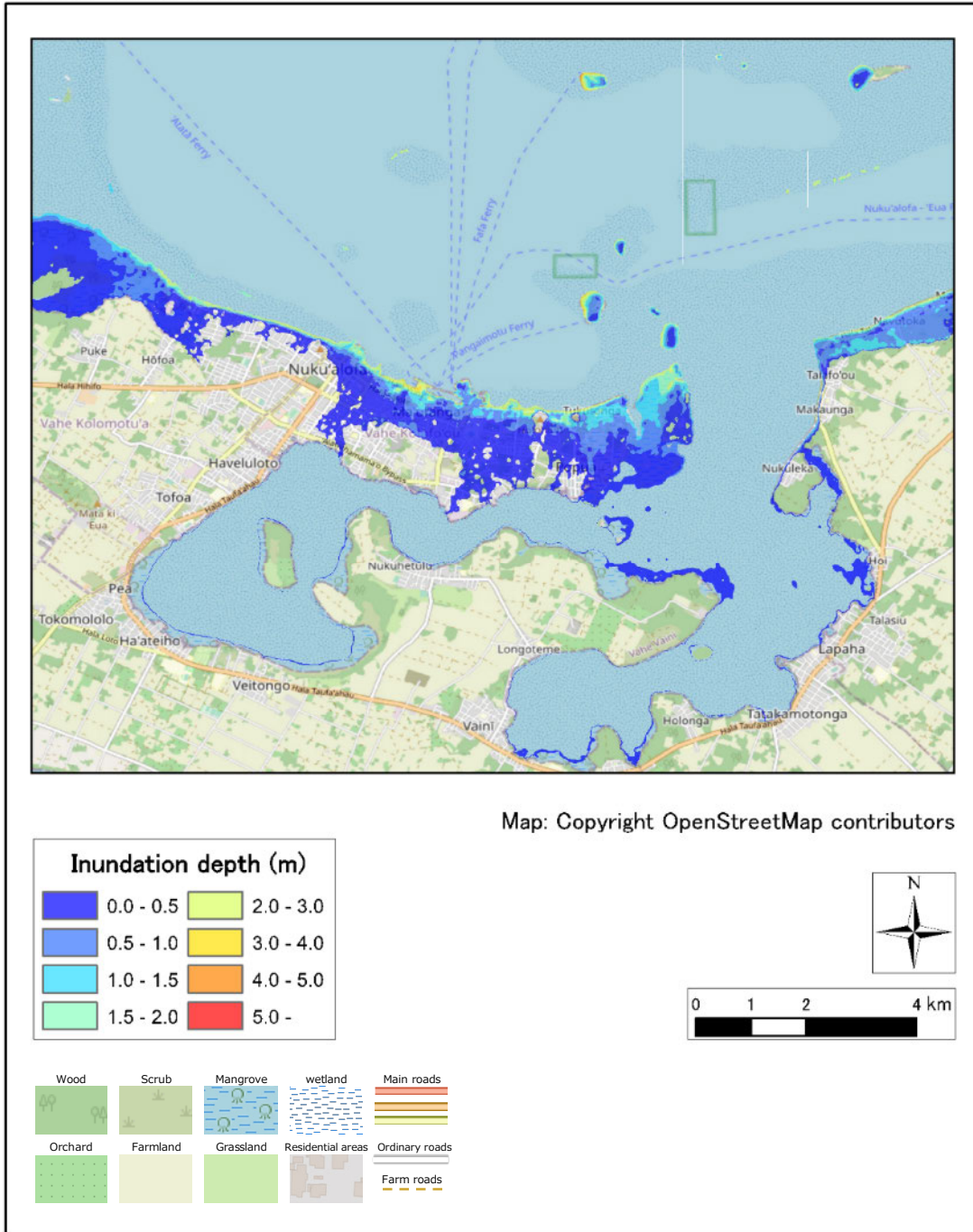
CASE: Volc3-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.70 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m)

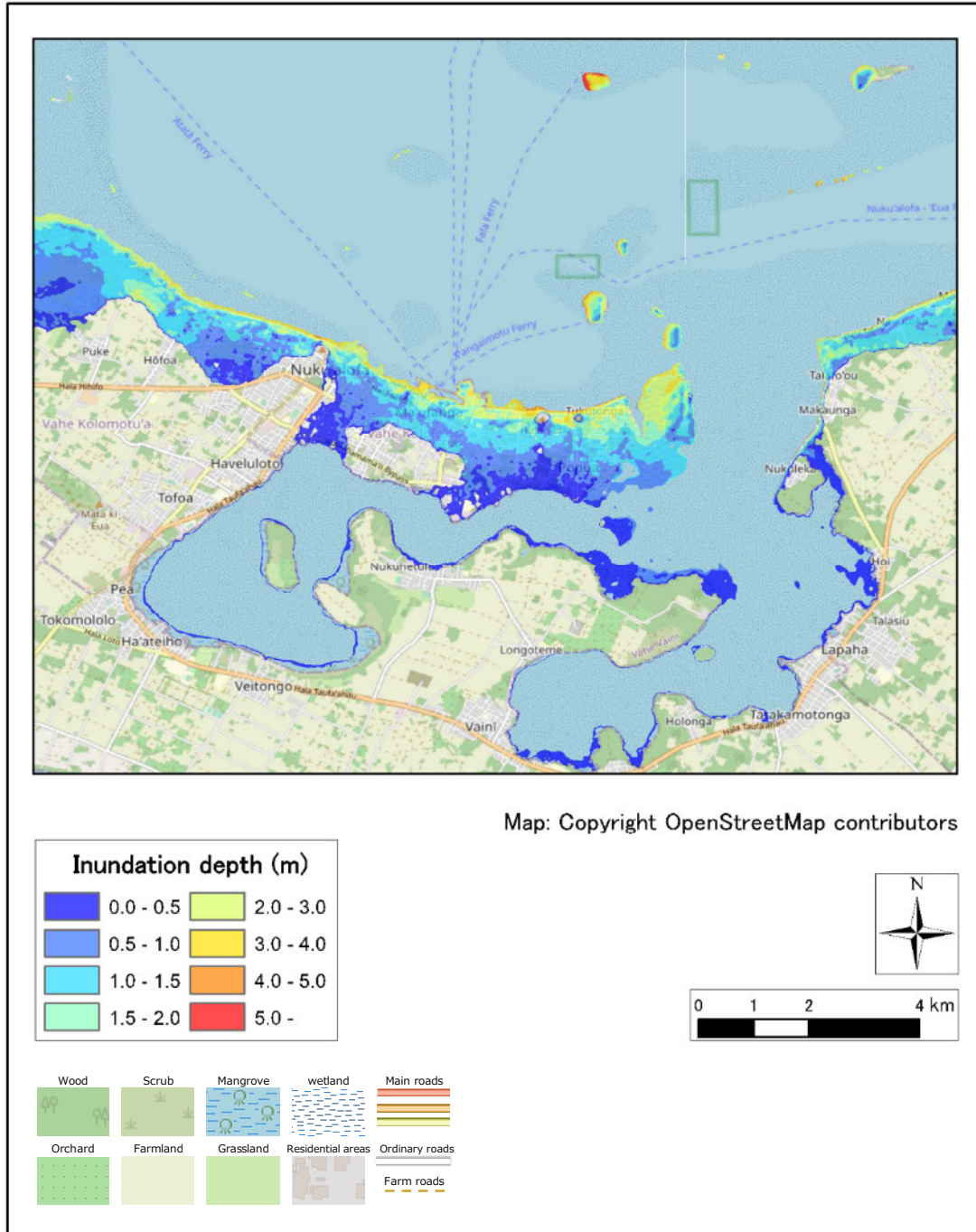
CASE: Volc4-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.71 最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)

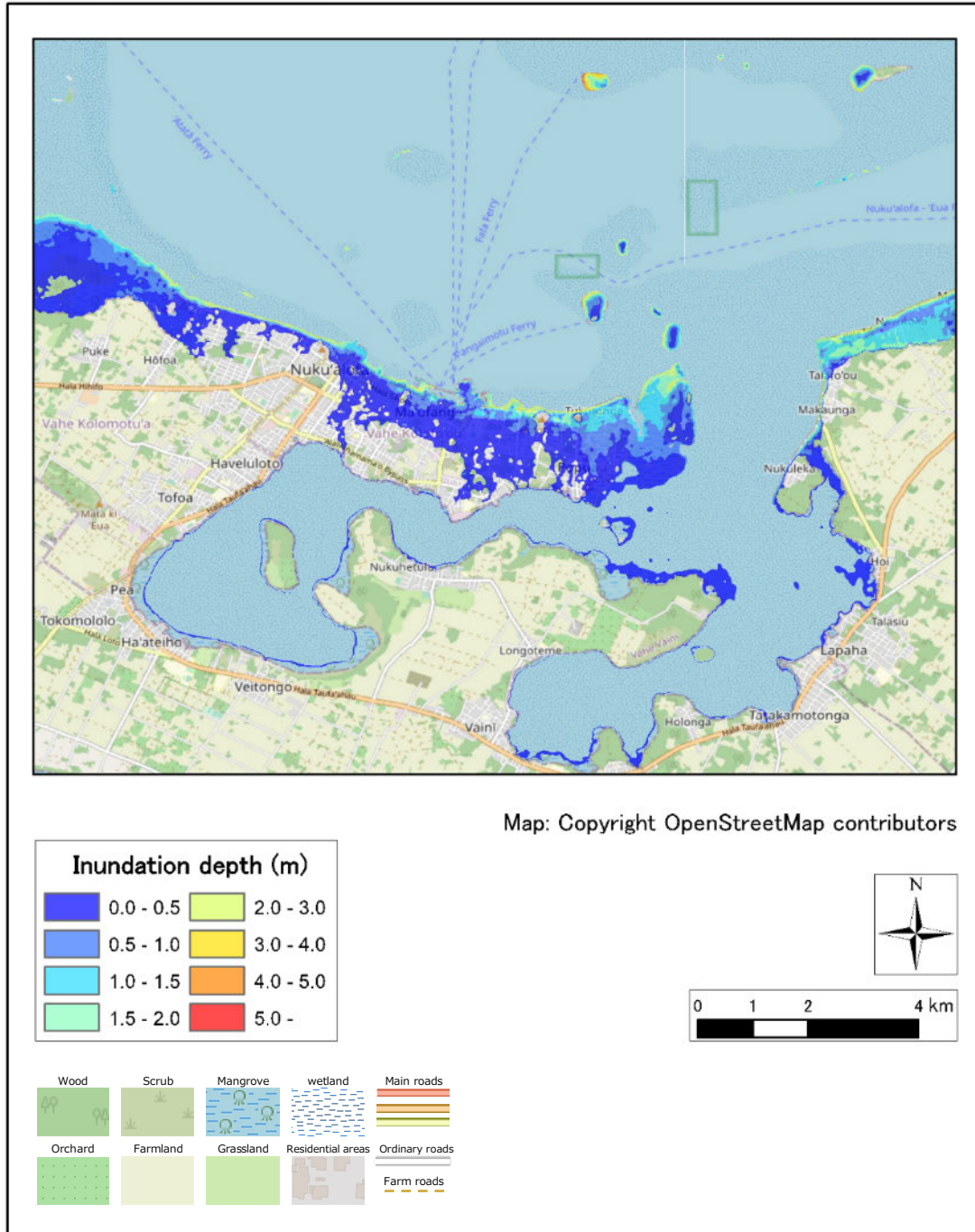
CASE: Volc5-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.72 最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=90m)

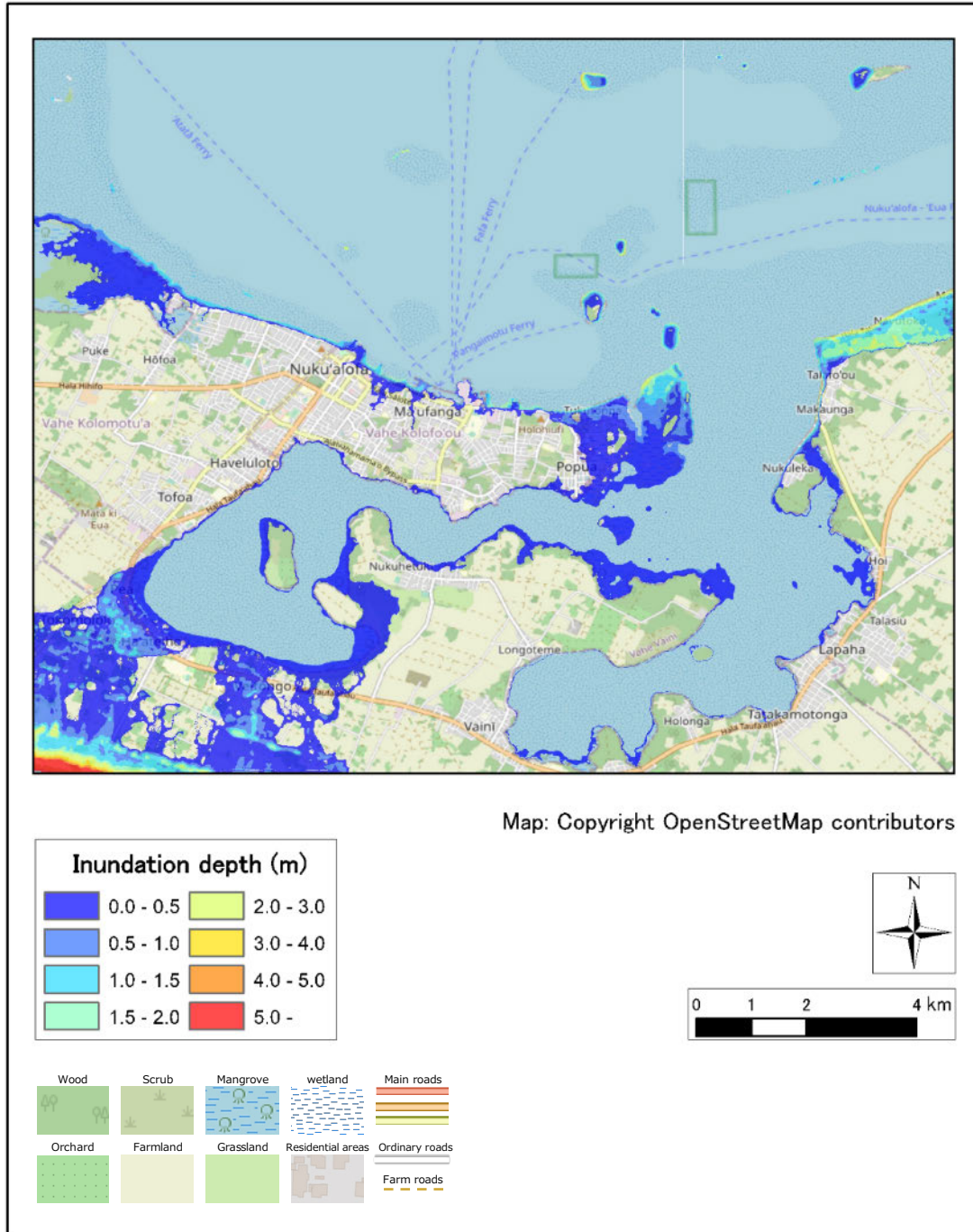
CASE: Volc6-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.73 最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-1_StrMwl

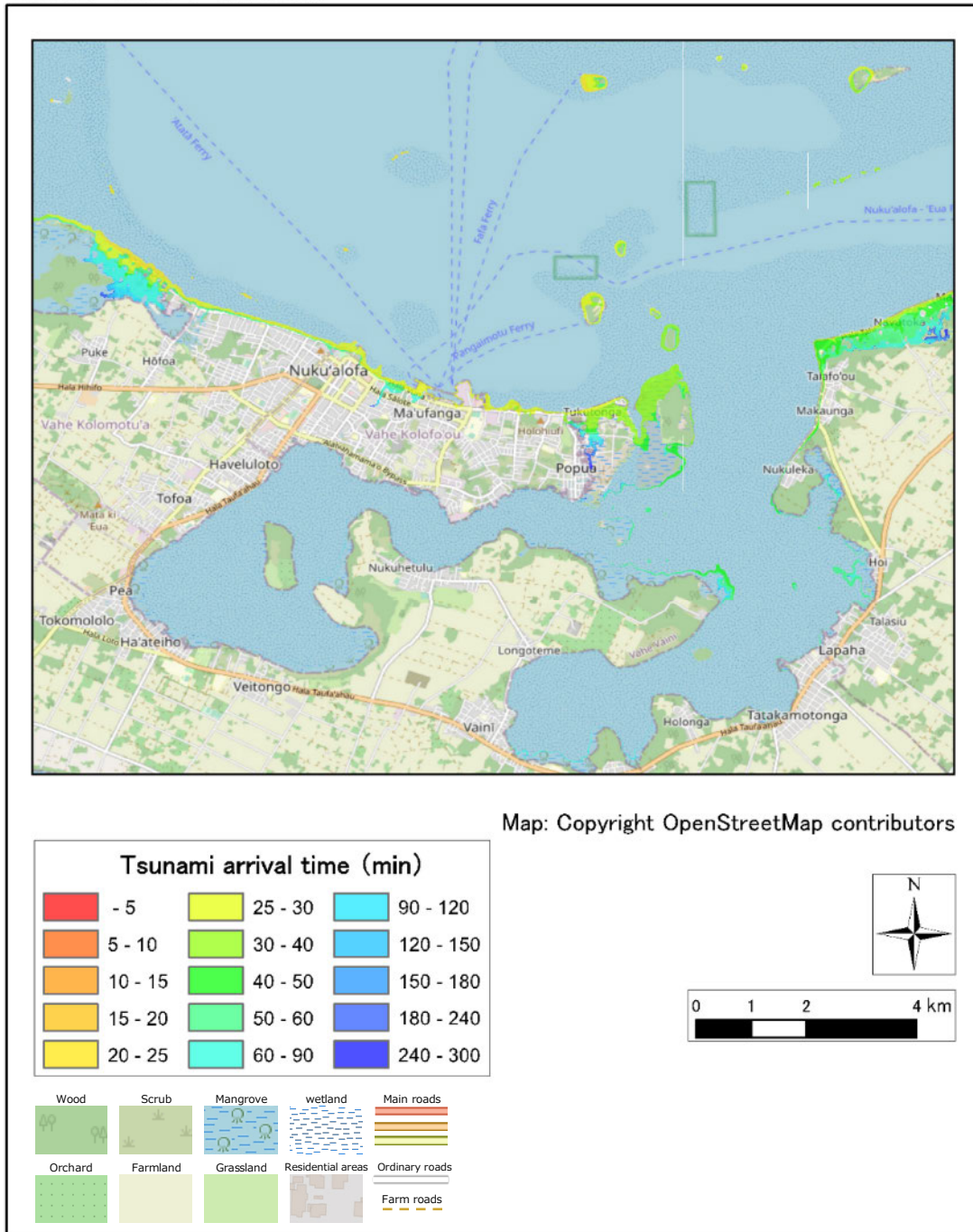


出典：JICA 調査団作成

図 2.6.74 最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=90m)

3) 津波到達時間分布図 (ヌクアロファ、トンガタブ島)

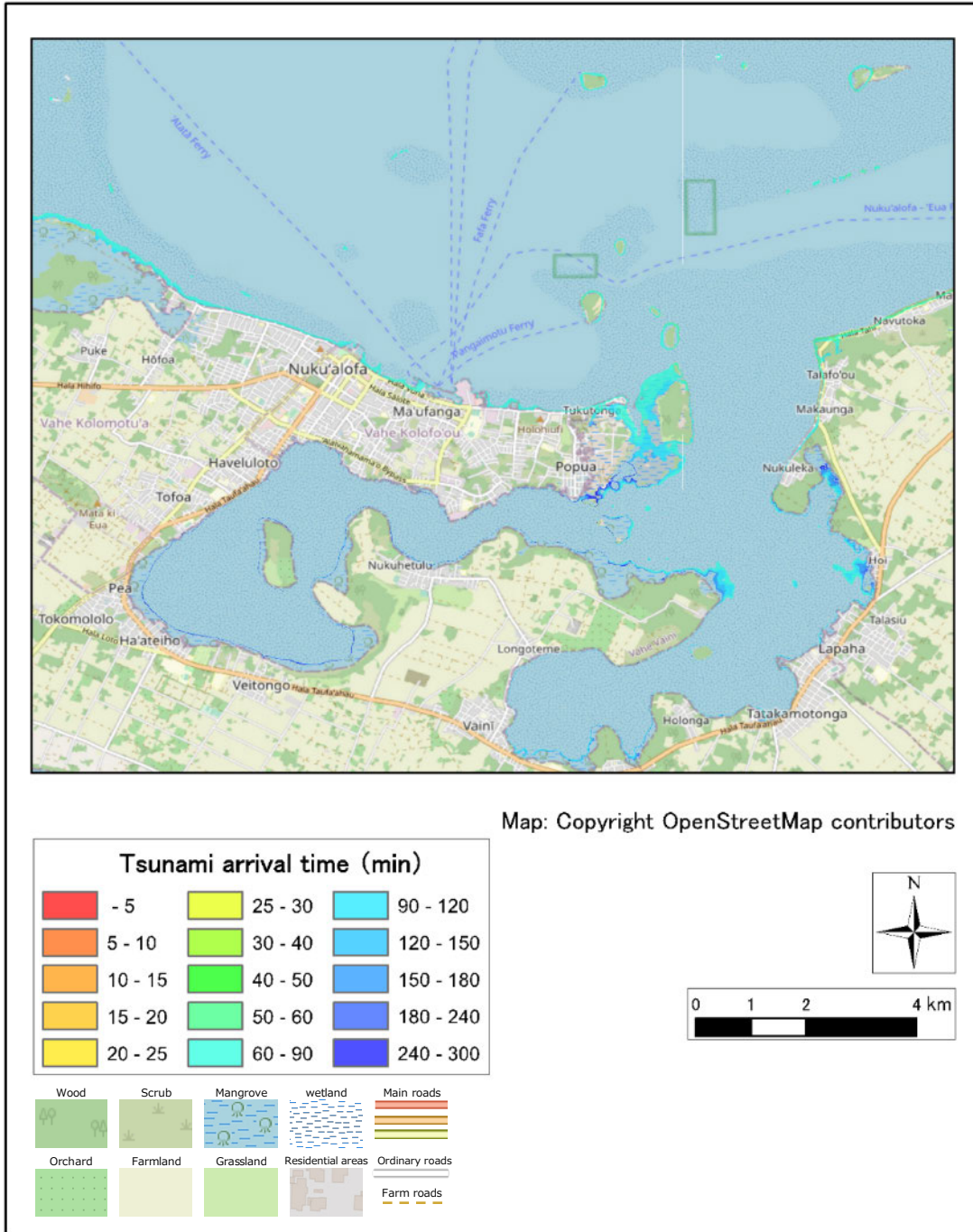
CASE: Volc0-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.75 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha’pai, H=30m)

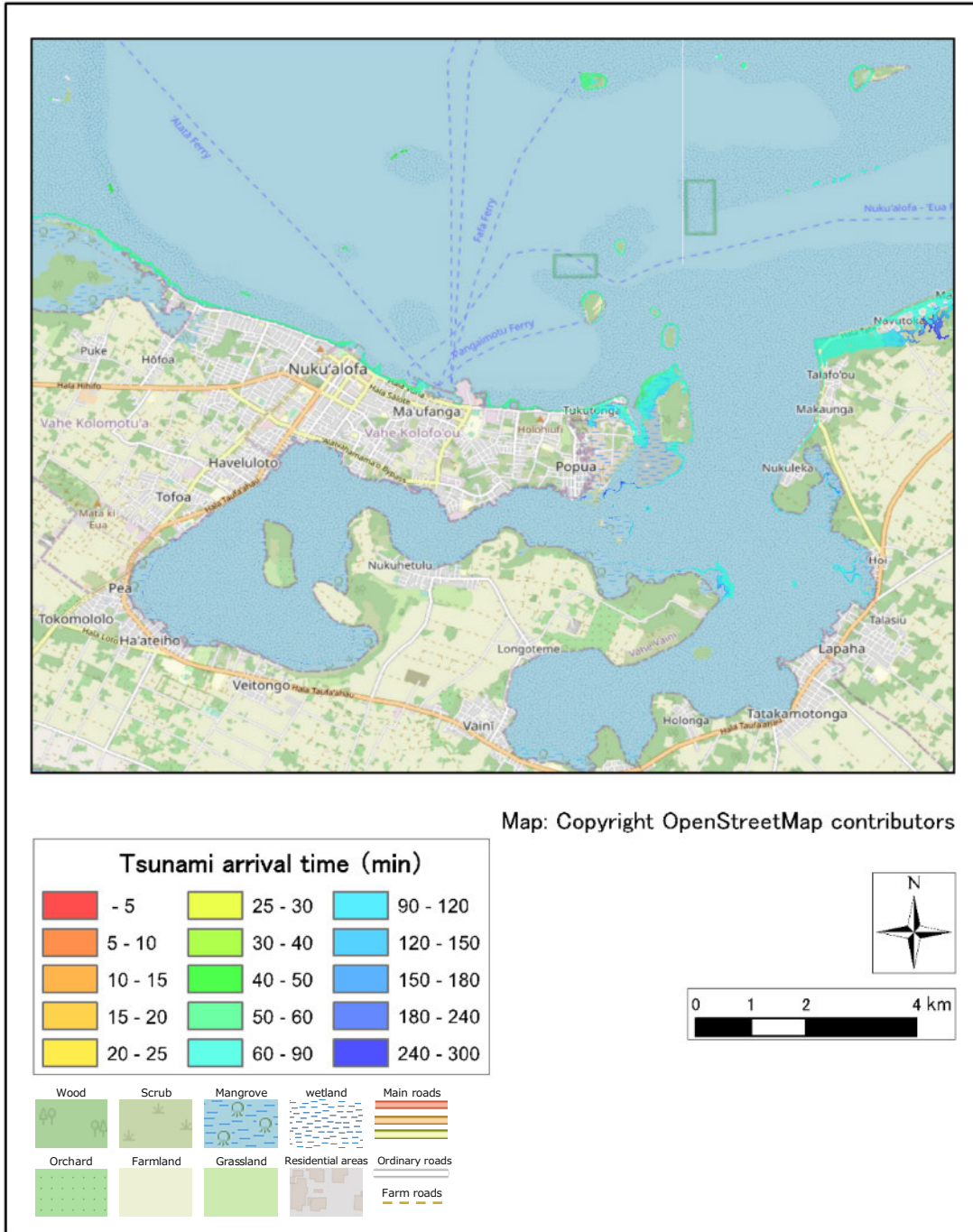
CASE: Volc1-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.76 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m)

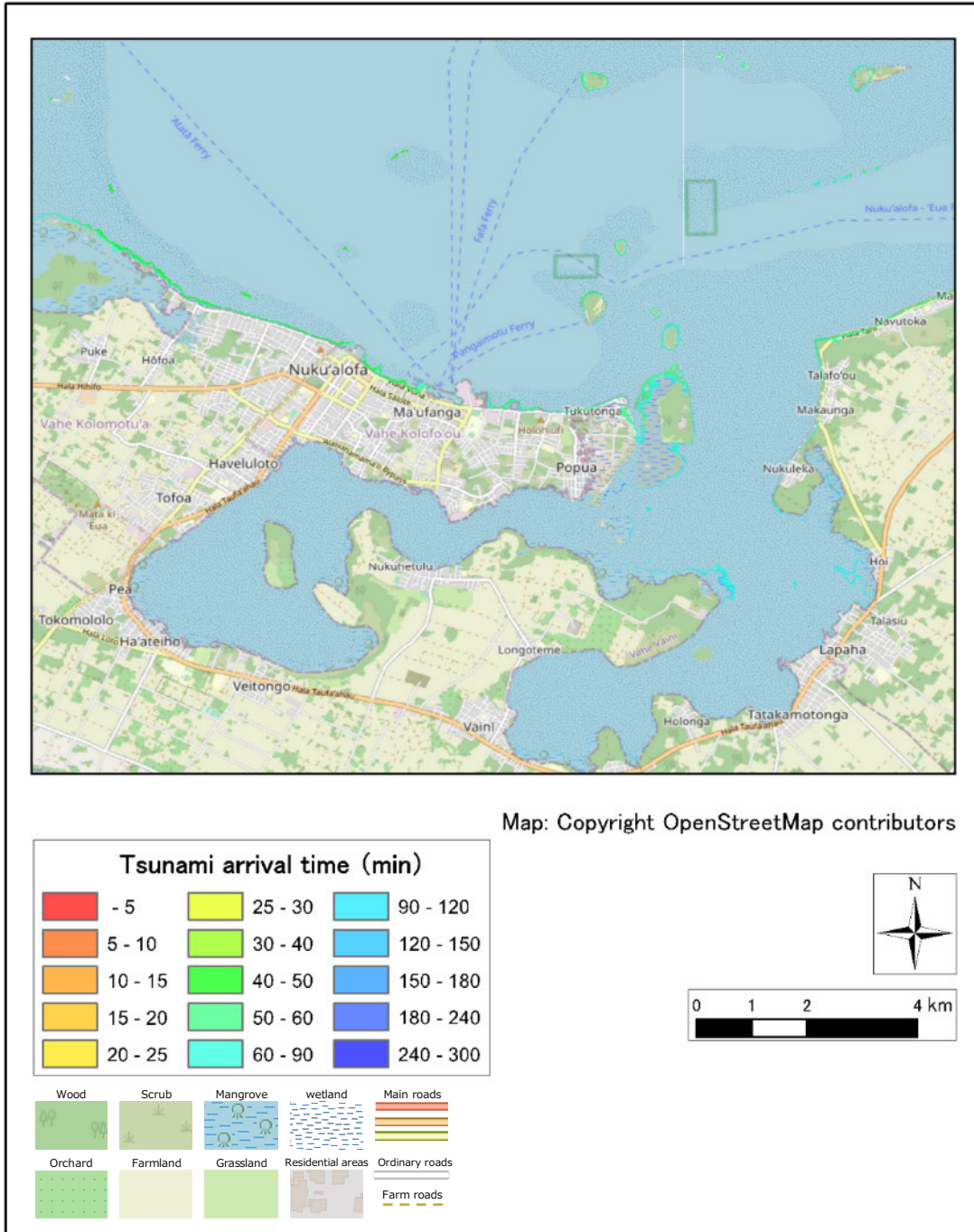
CASE: Volc2-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.77 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m)

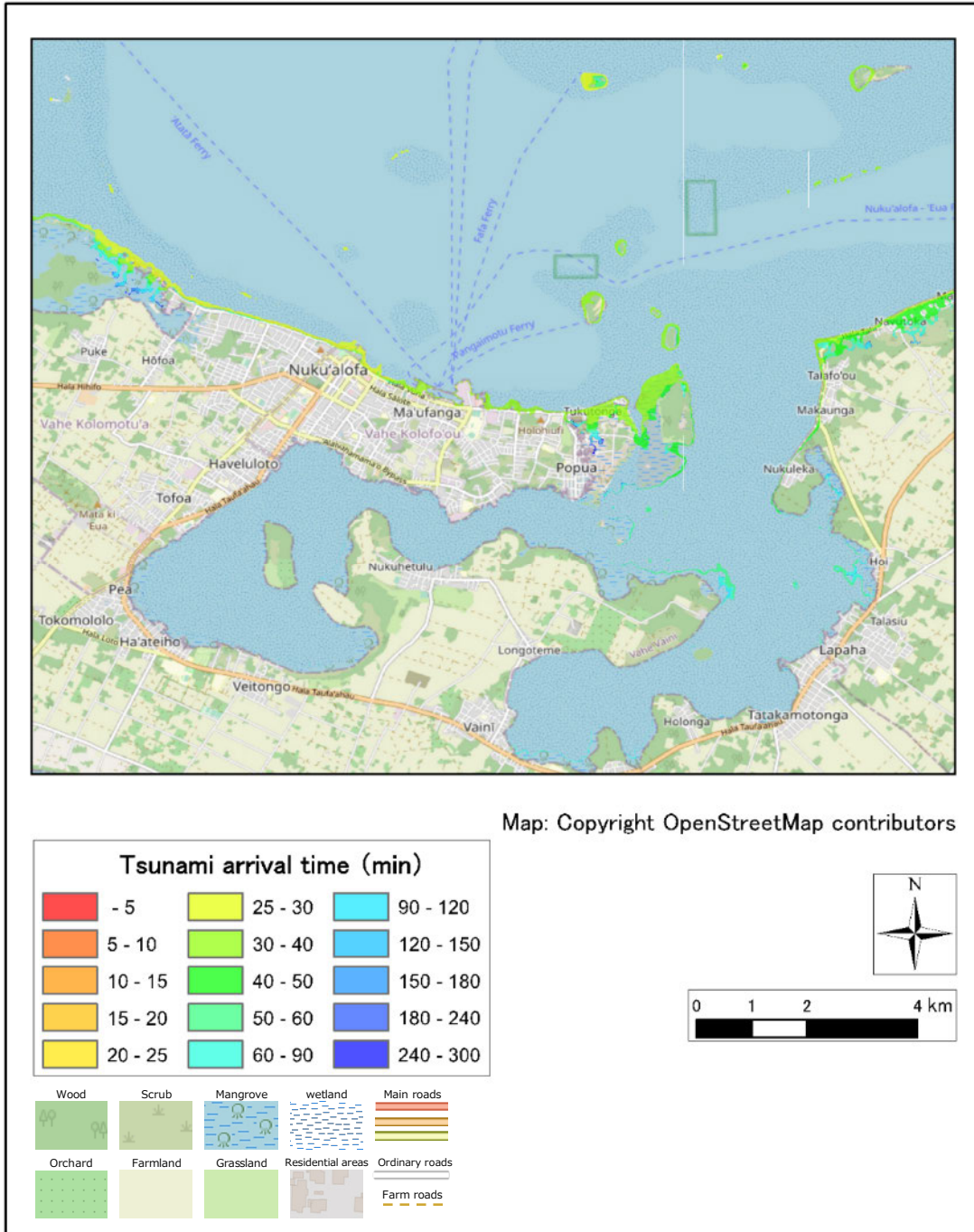
CASE: Volc3-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.78 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m)

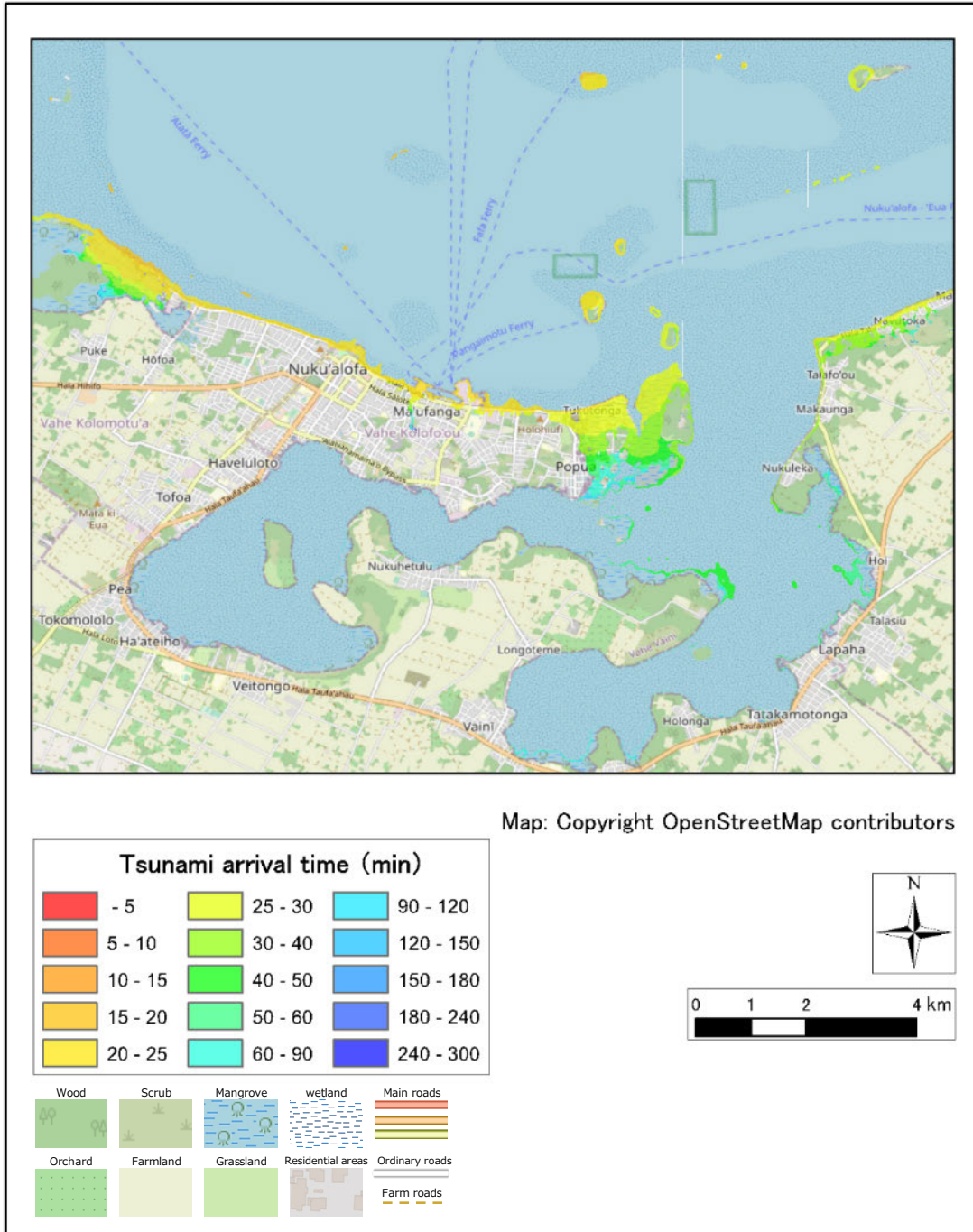
CASE: Volc4-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.79 津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m)

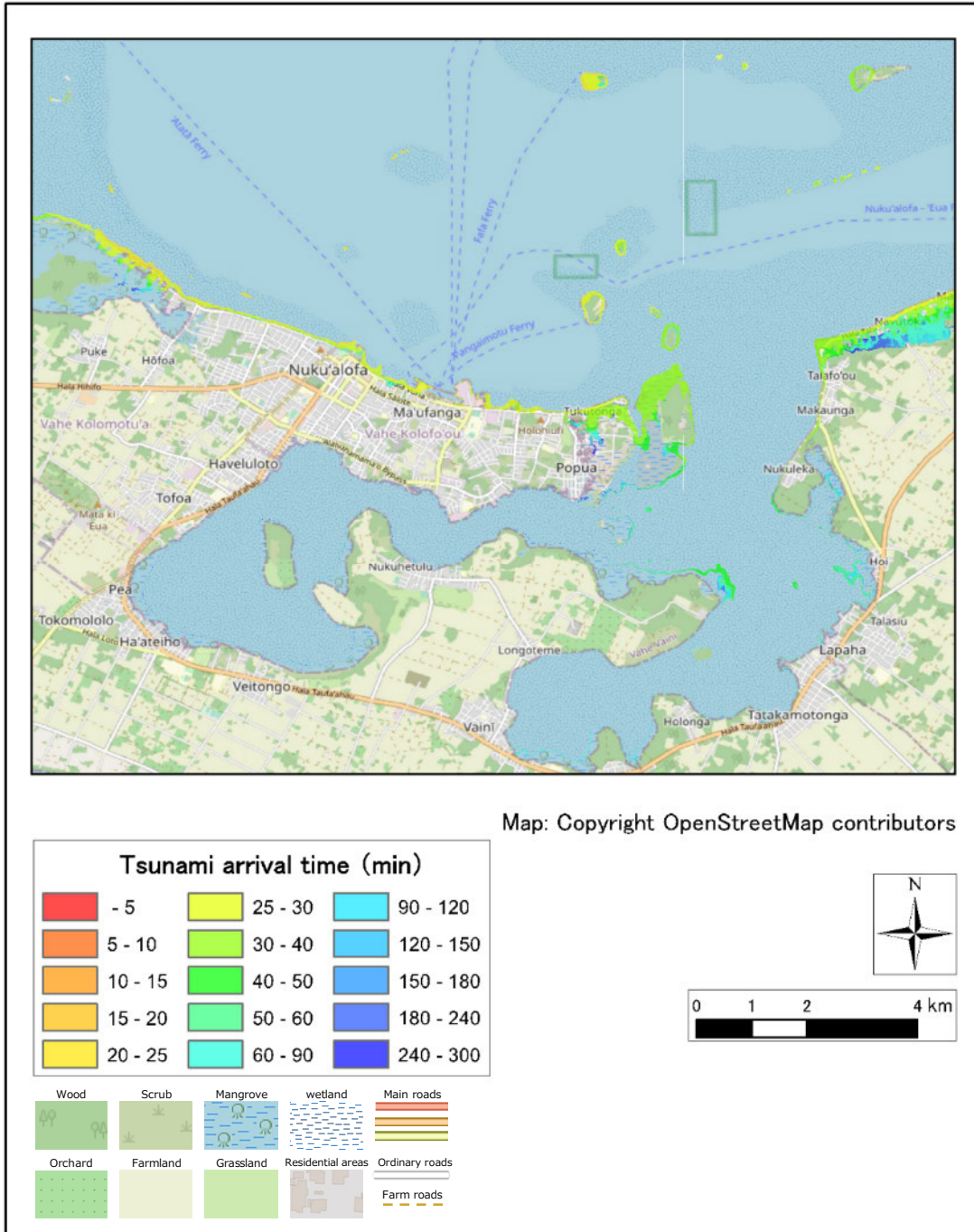
CASE: Volc5-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.80 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m)

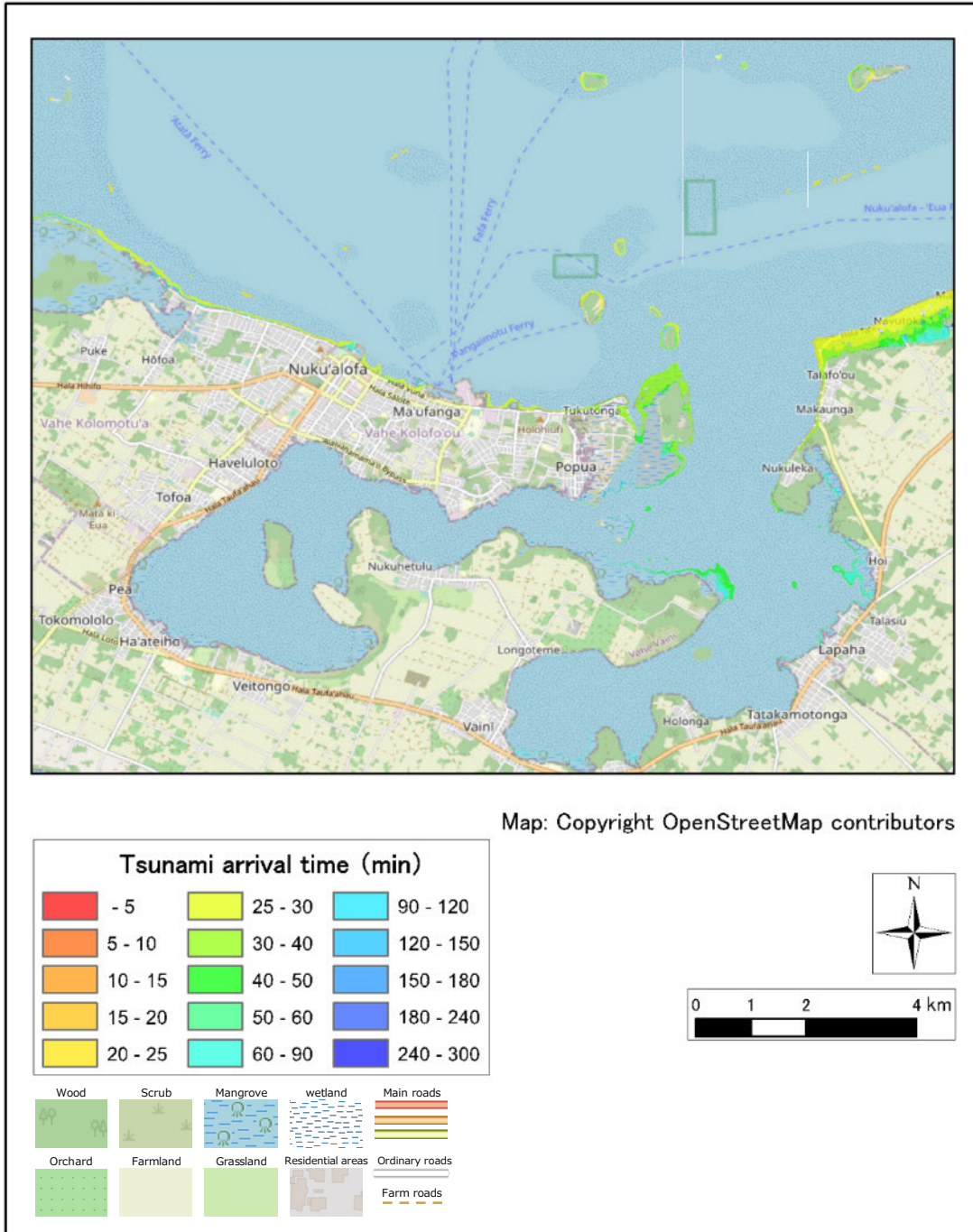
CASE: Volc6-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.81 津波到達時間分布図 (Unamed3, H=30m)

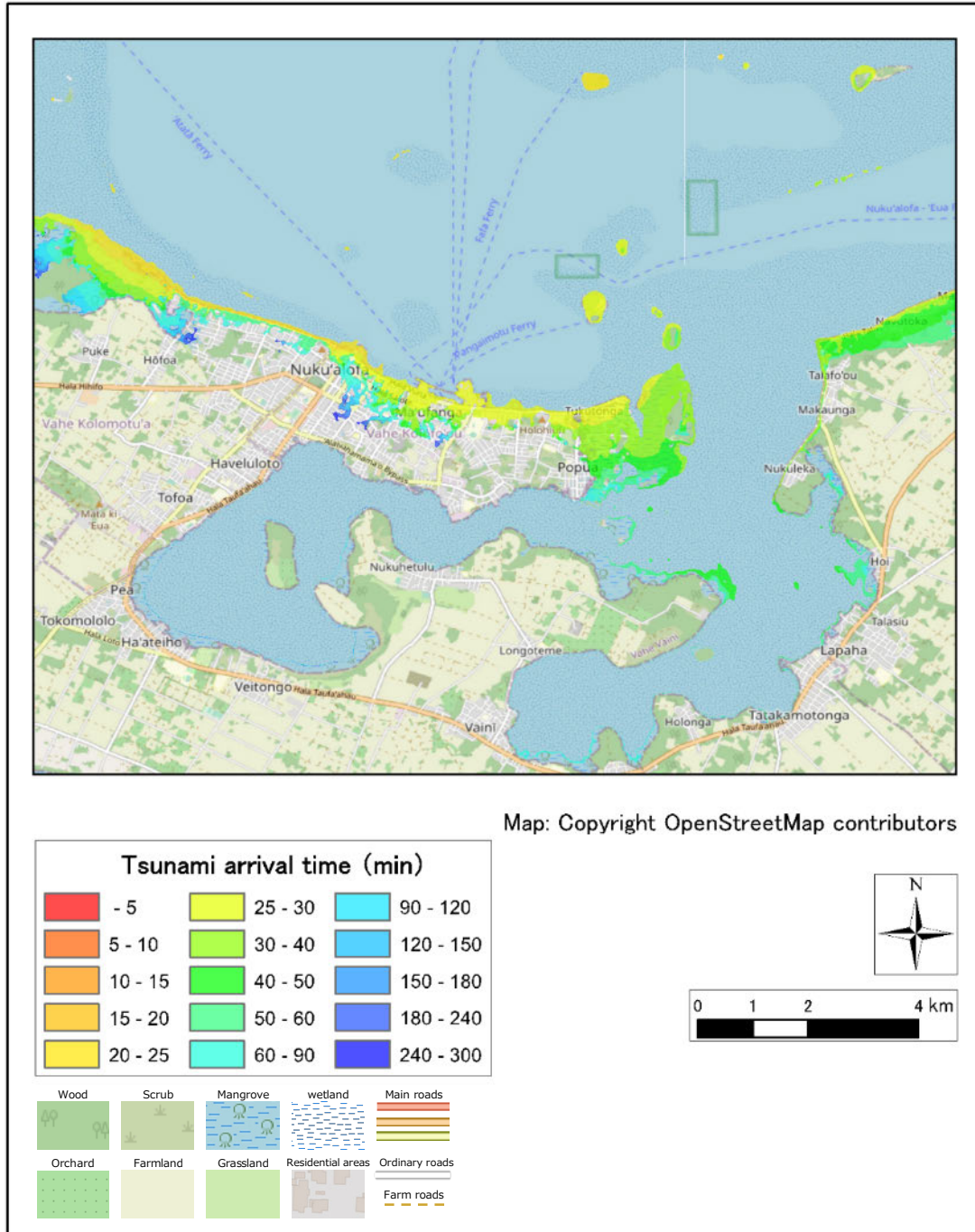
CASE: Volc7-1-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.82 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m)

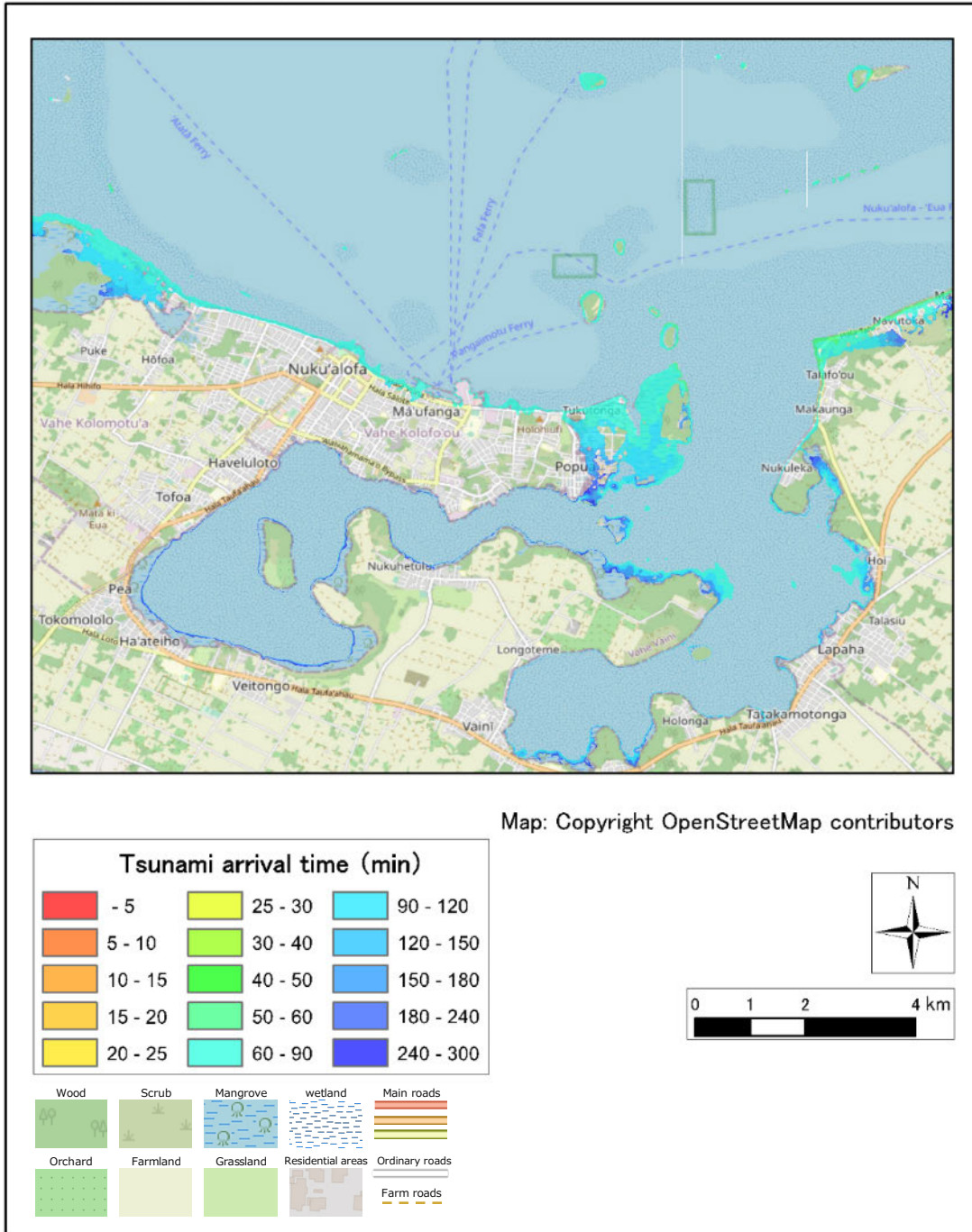
CASE: Volc0-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.83 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha' pai, H=60m)

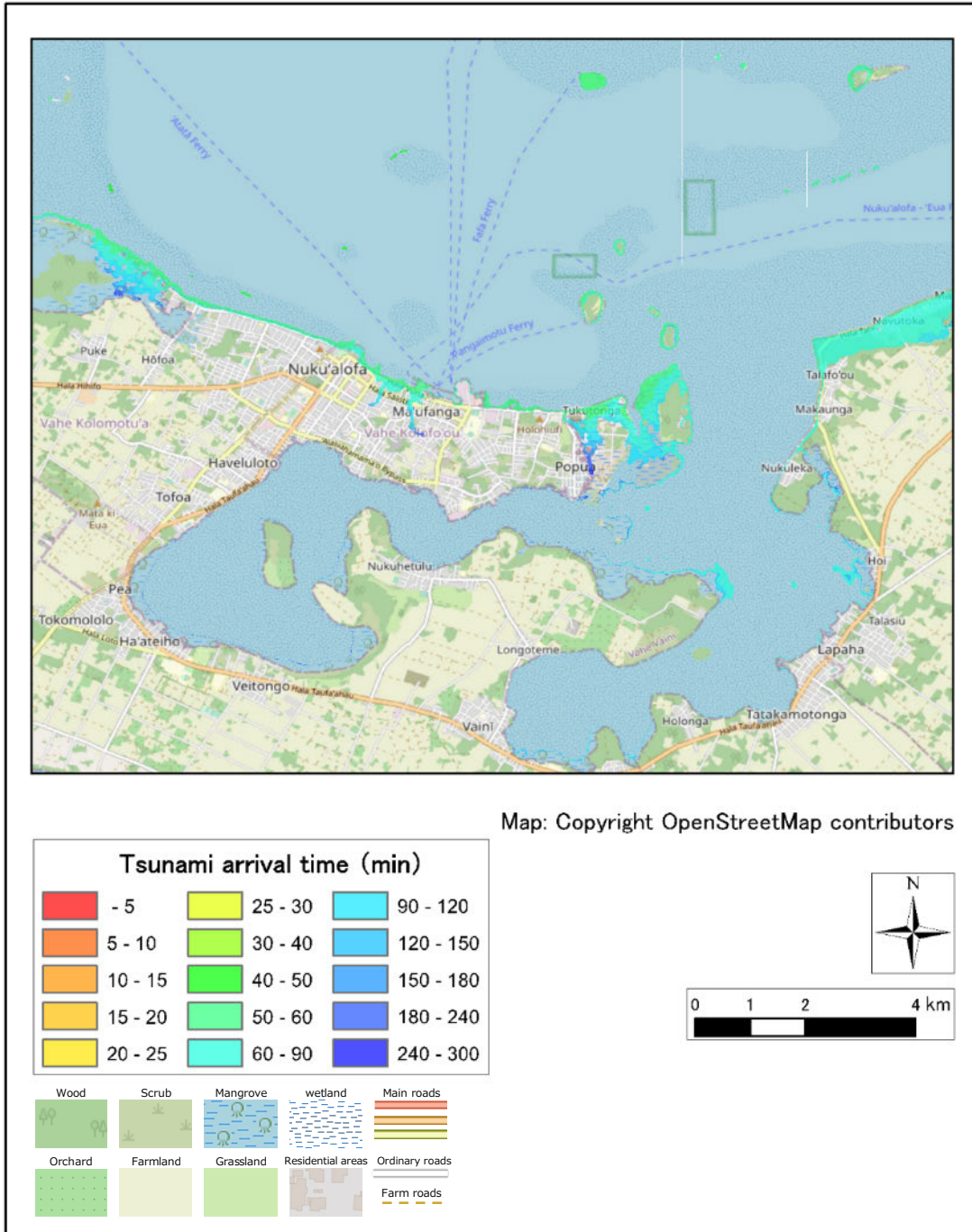
CASE: Volc1-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.84 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m)

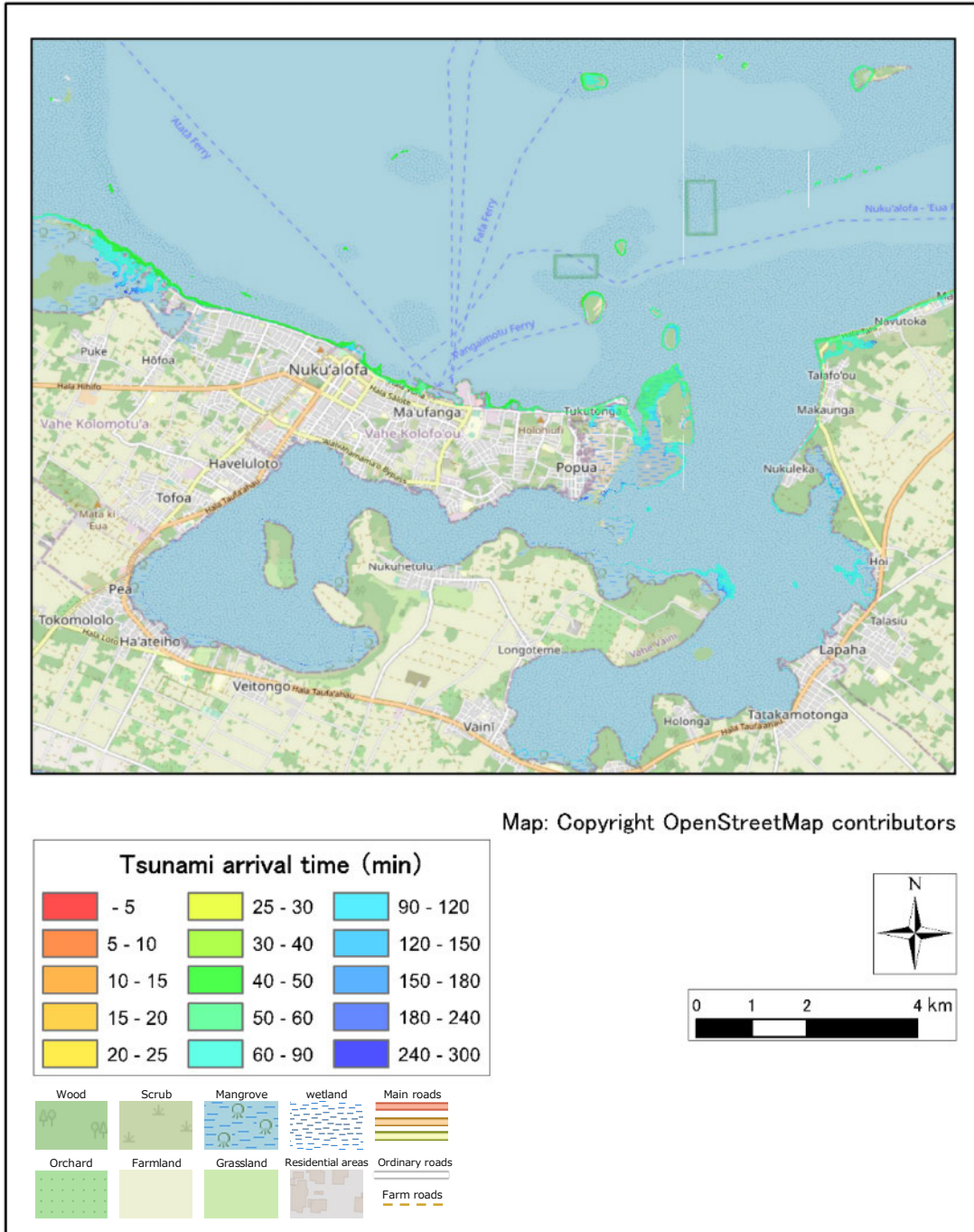
CASE: Volc2-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.85 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m)

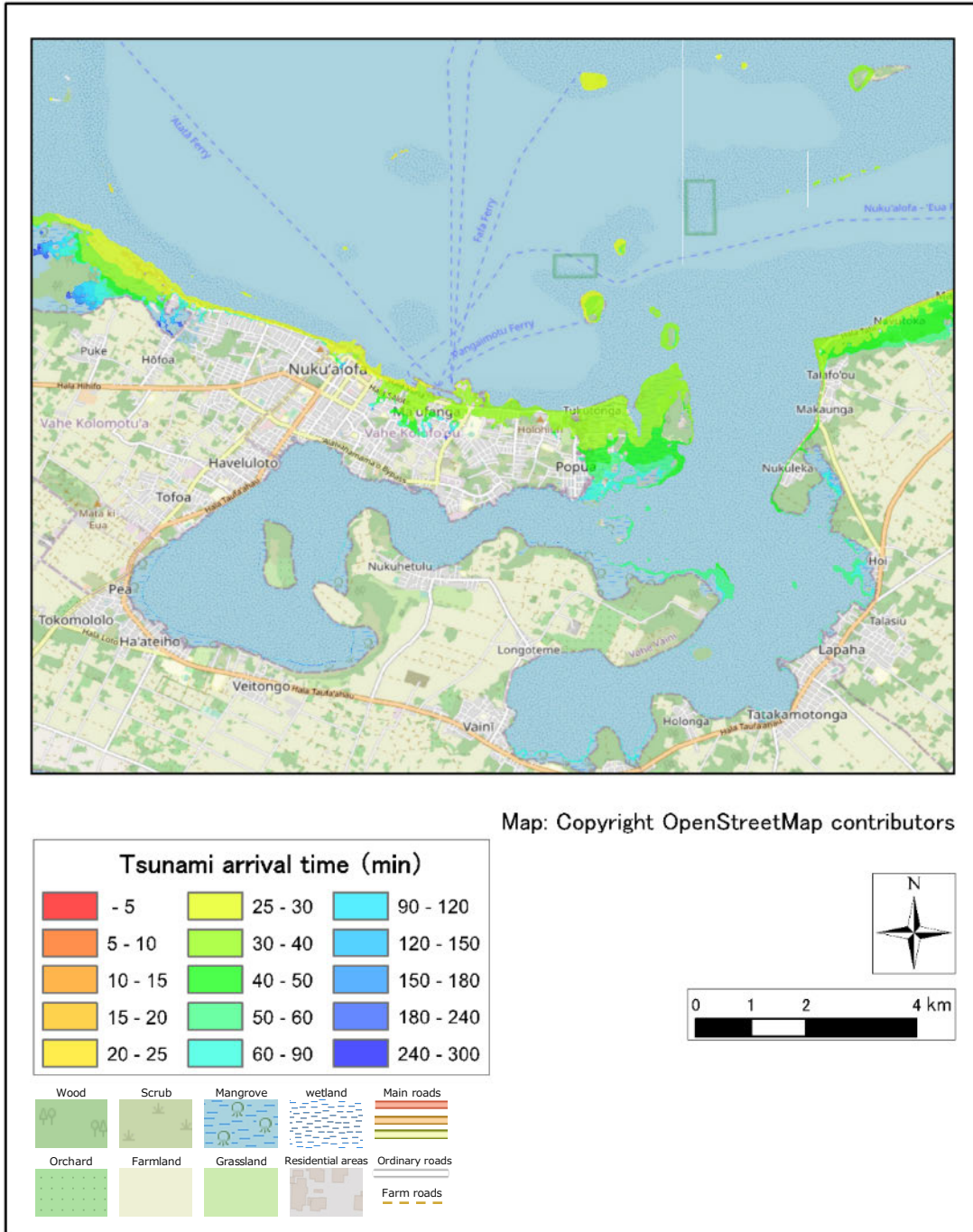
CASE: Volc3-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.86 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m)

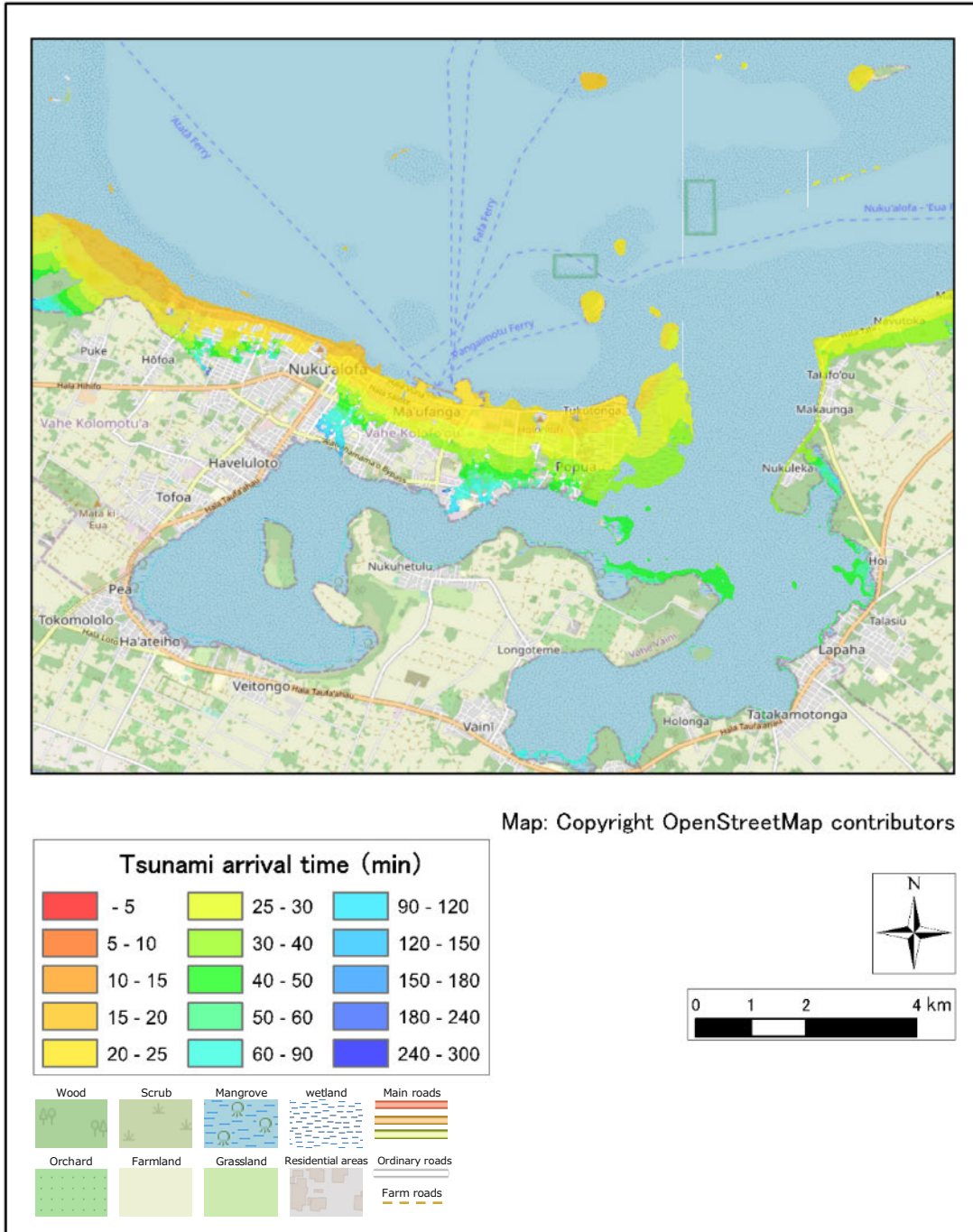
CASE: Volc4-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.87 津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)

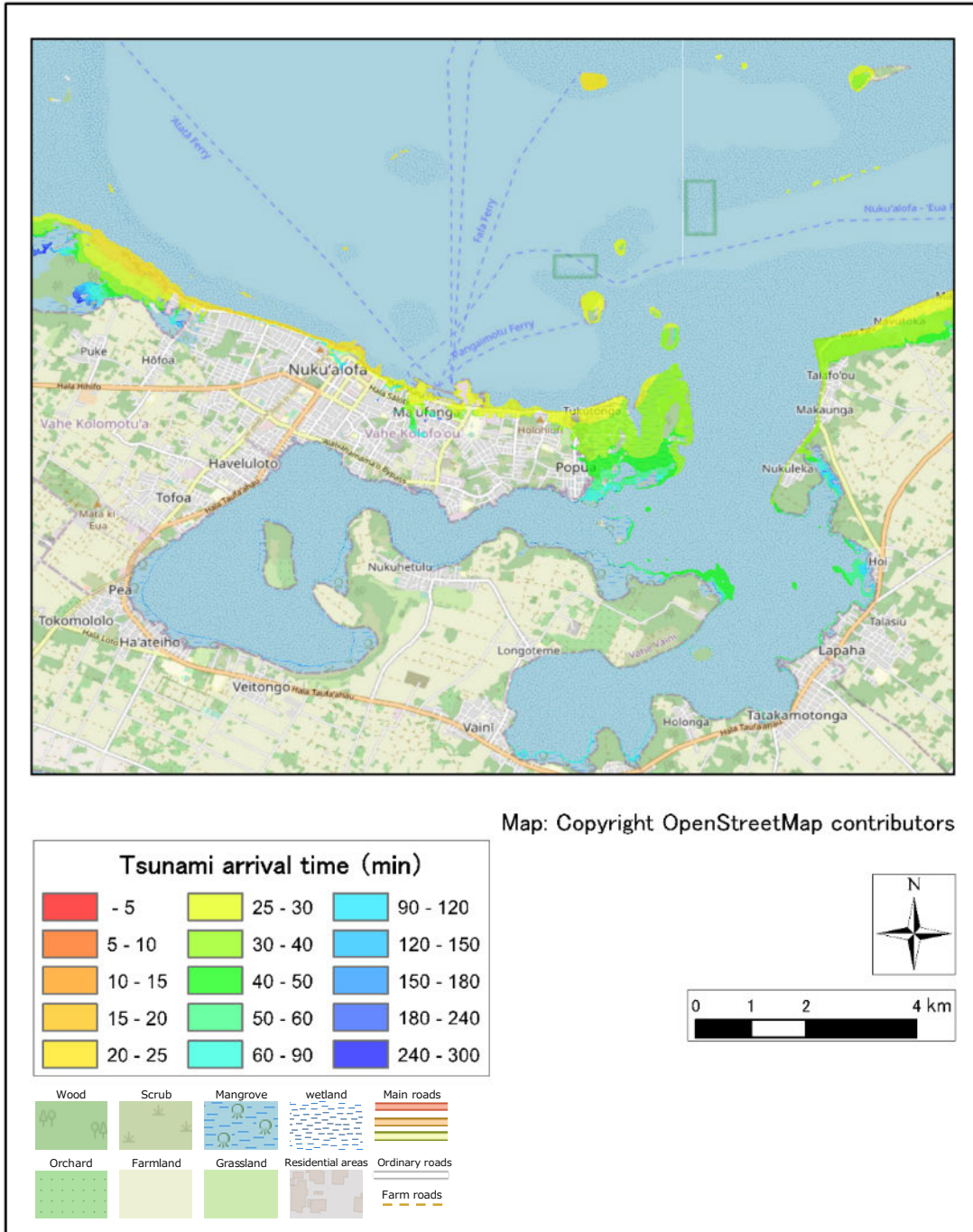
CASE: Volc5-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.88 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m)

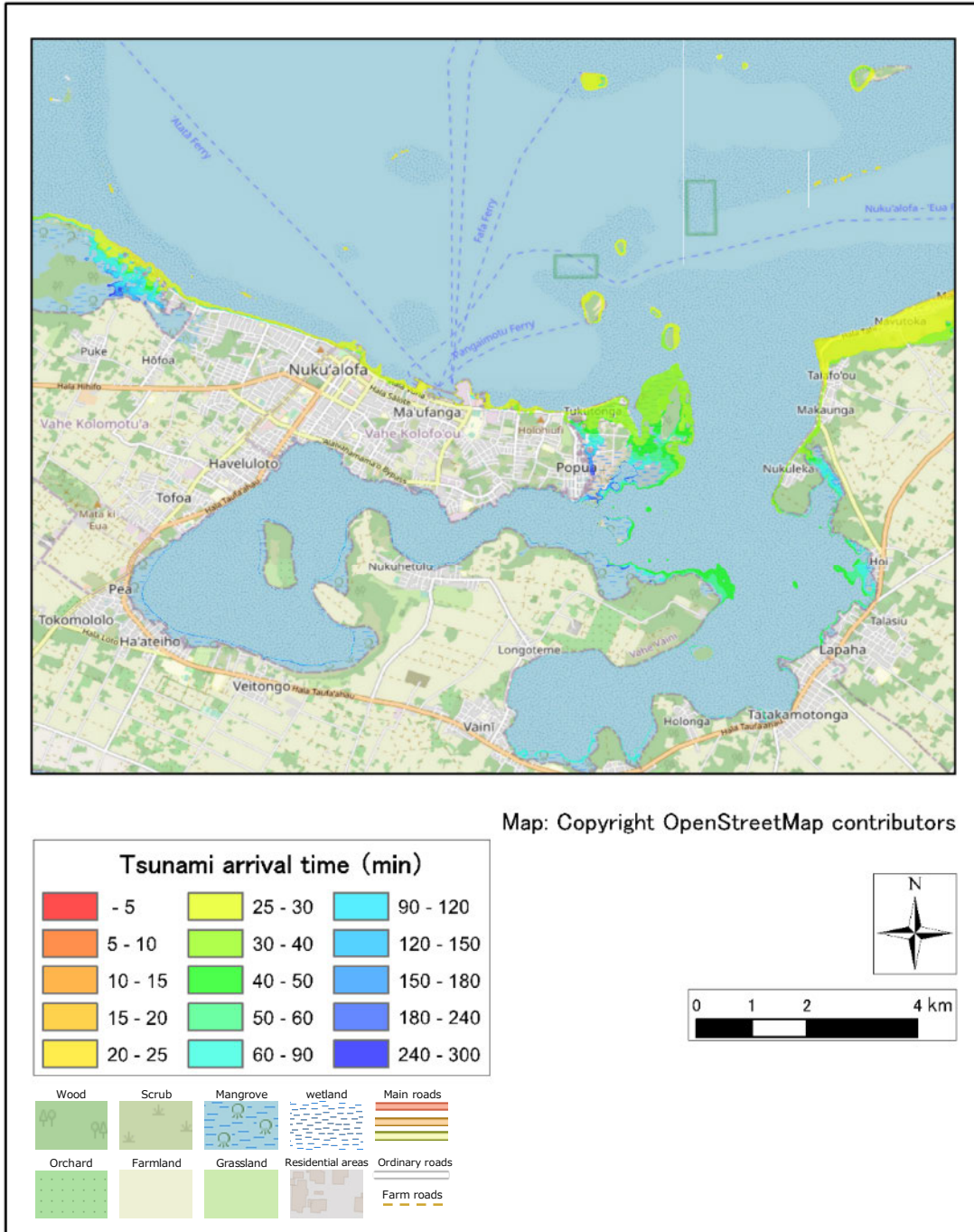
CASE: Volc6-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.89 津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m)

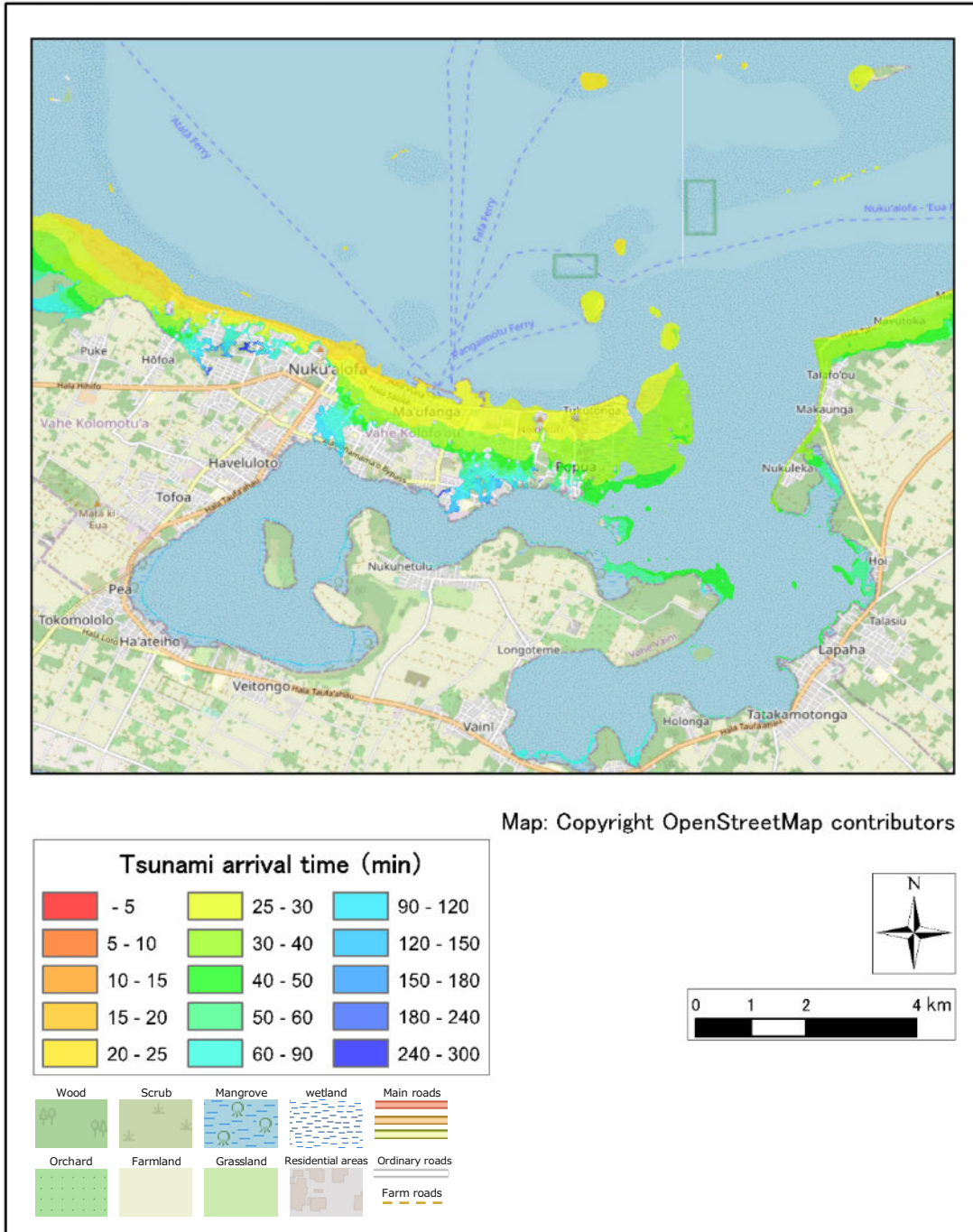
CASE: Volc7-2-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.90 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m)

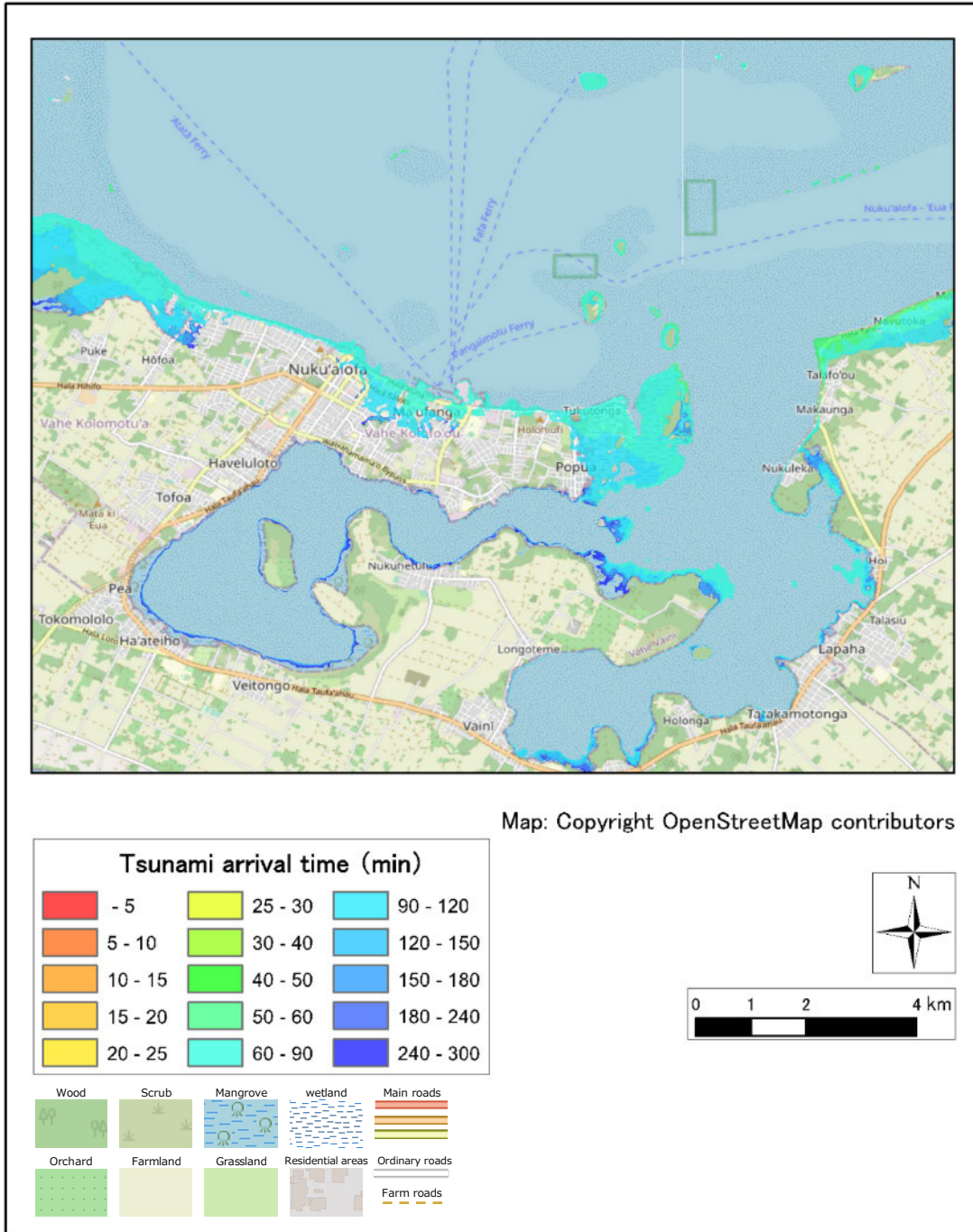
CASE: Volc0-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.91 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

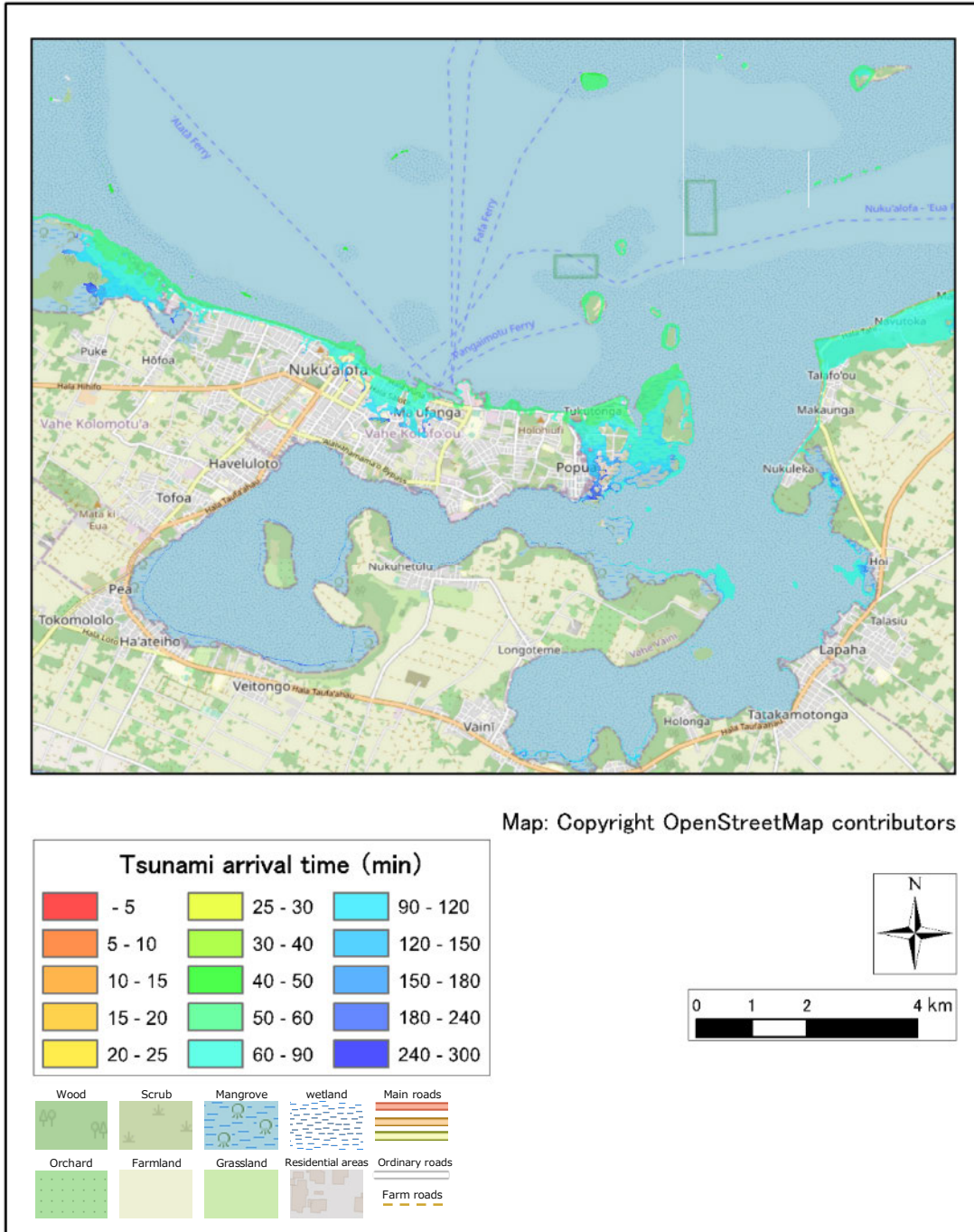
CASE: Volc1-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.92 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m)

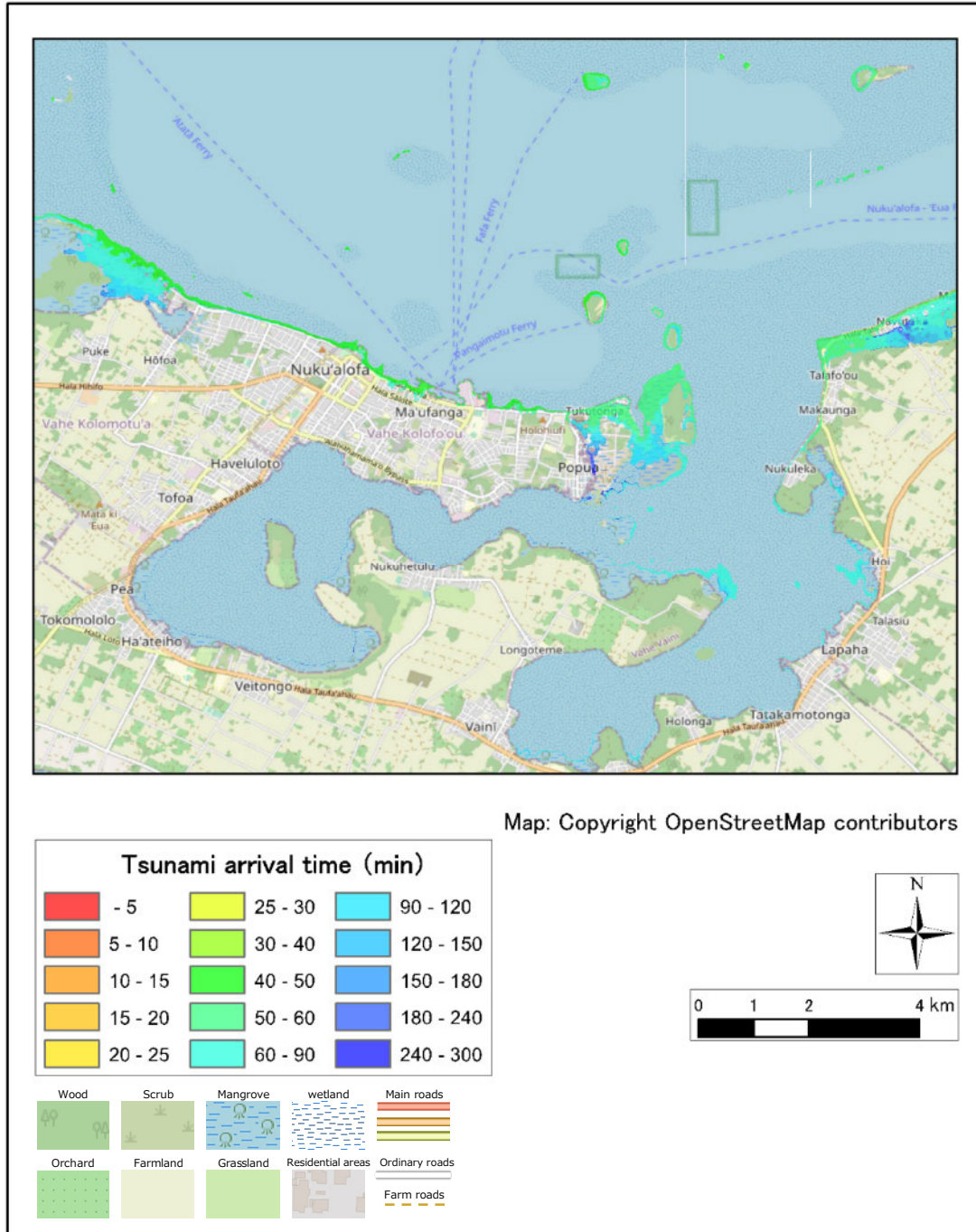
CASE: Volc2-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.93 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m)

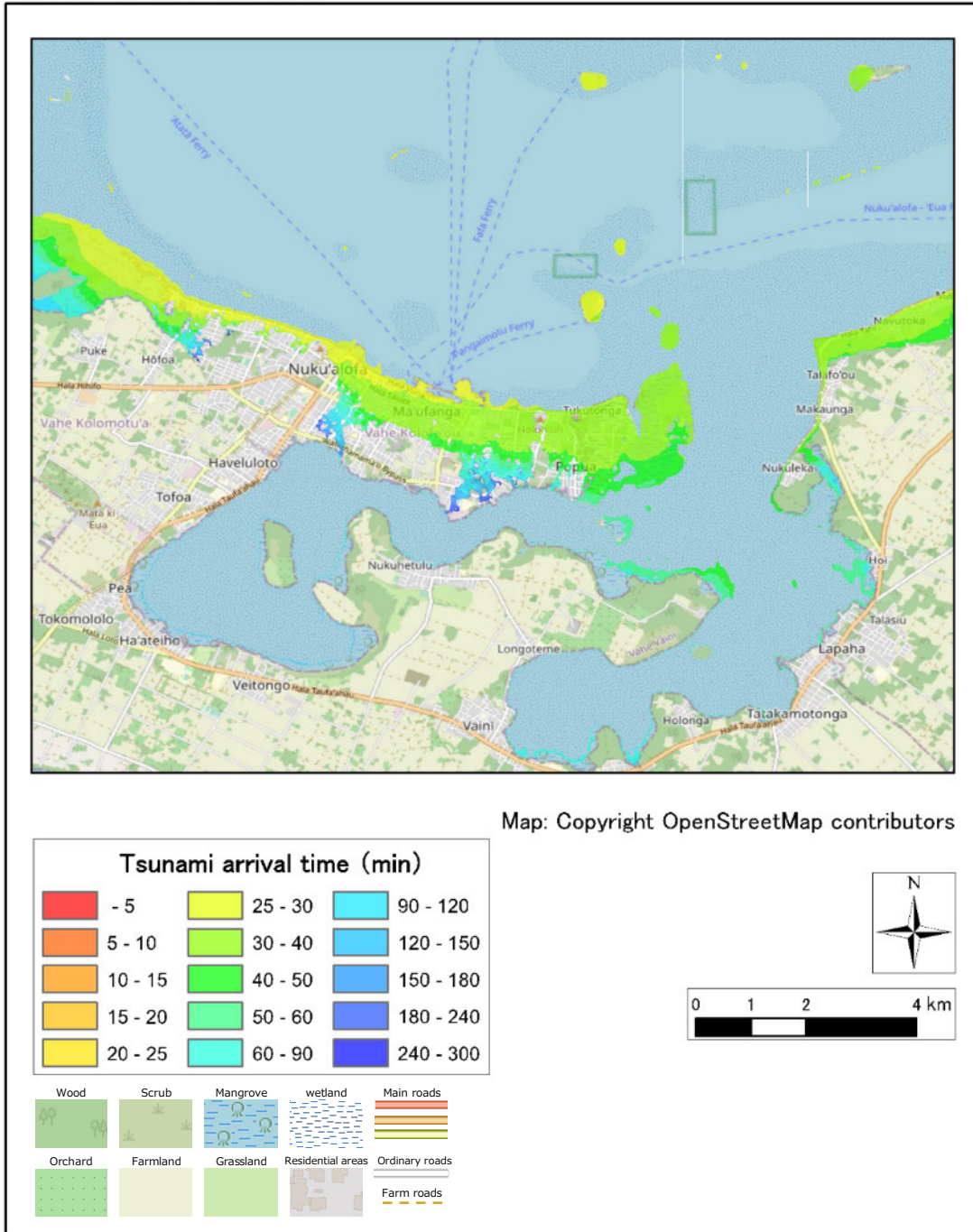
CASE: Volc3-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.94 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m)

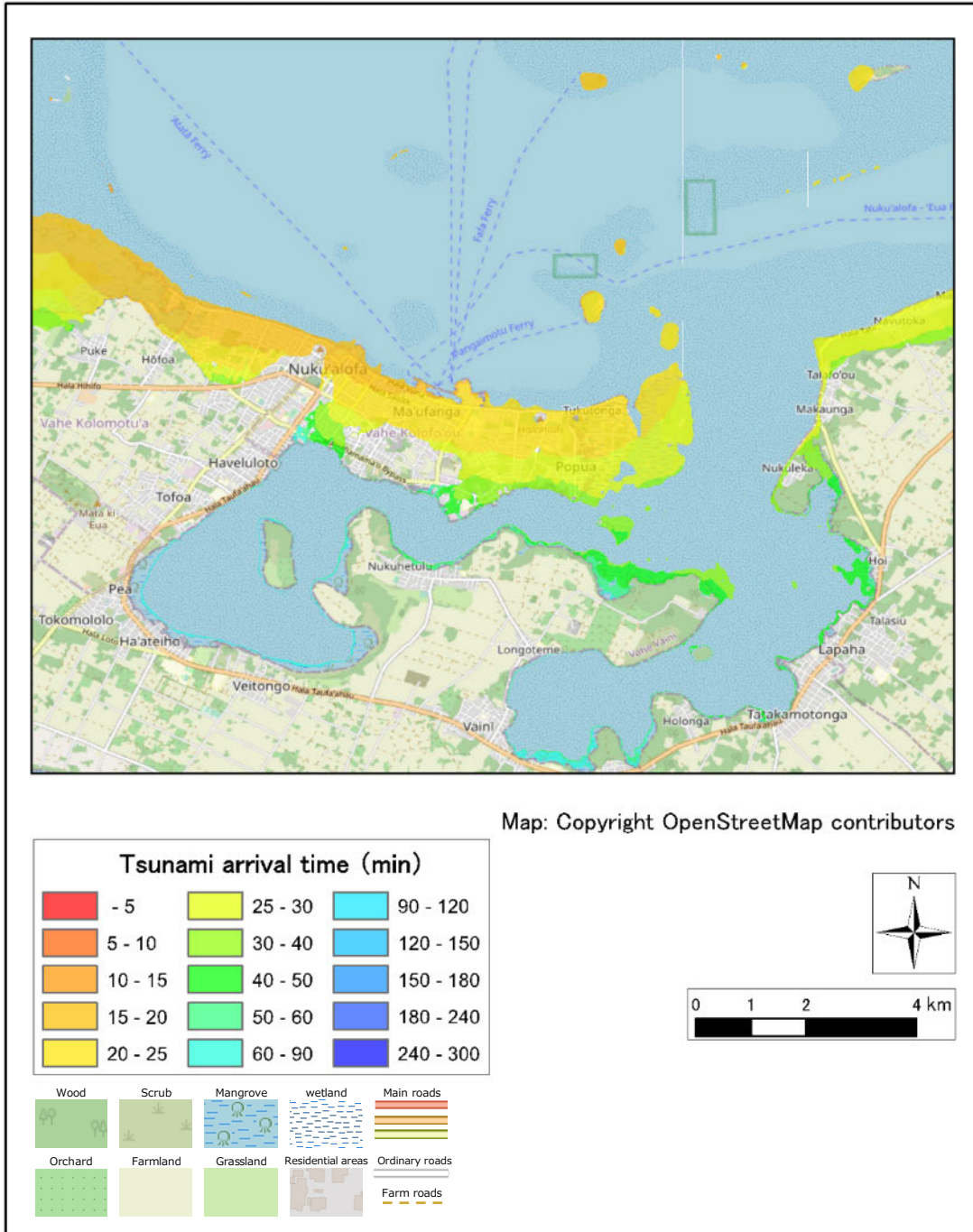
CASE: Volc4-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.95 津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)

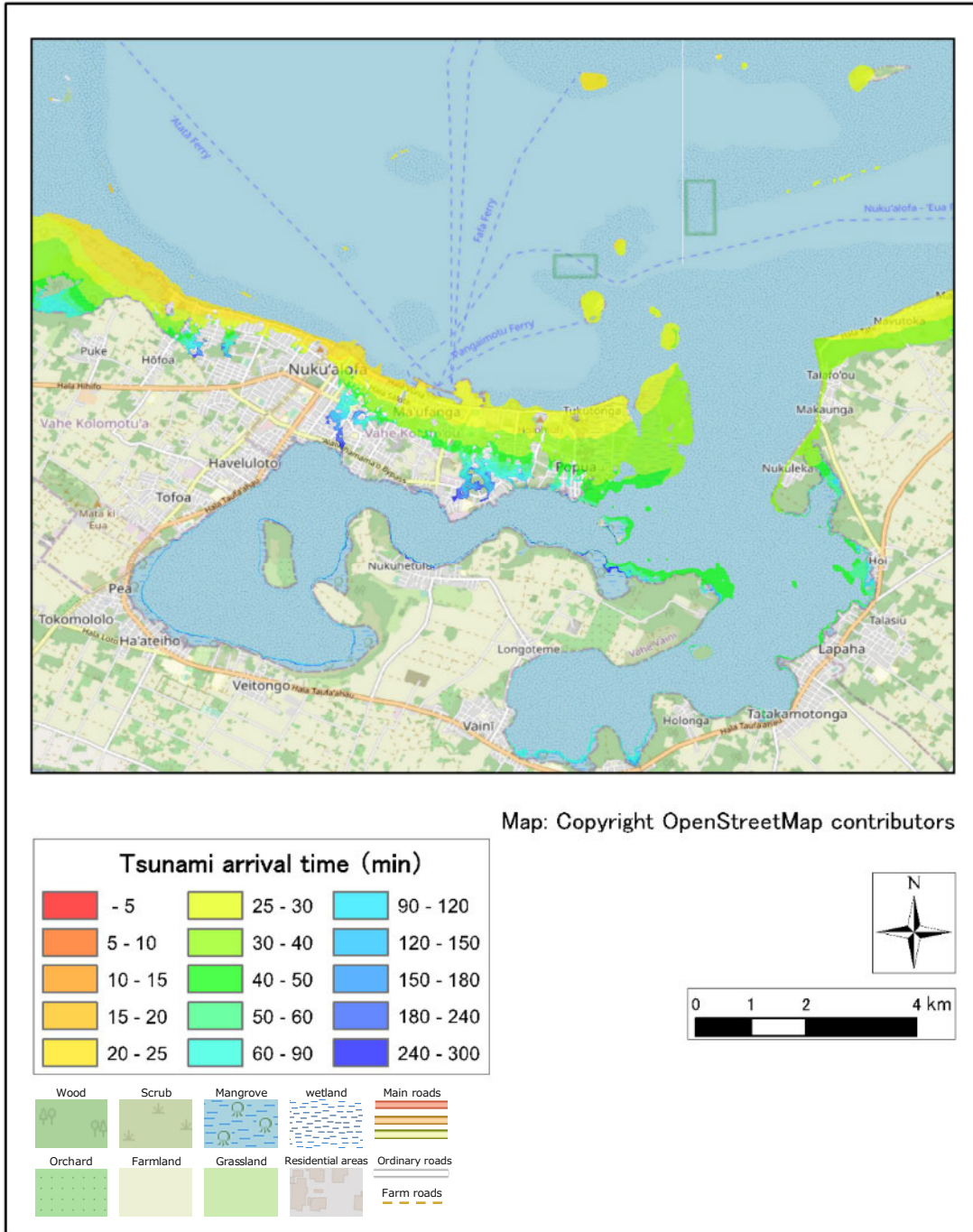
CASE: Volc5-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.96 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m)

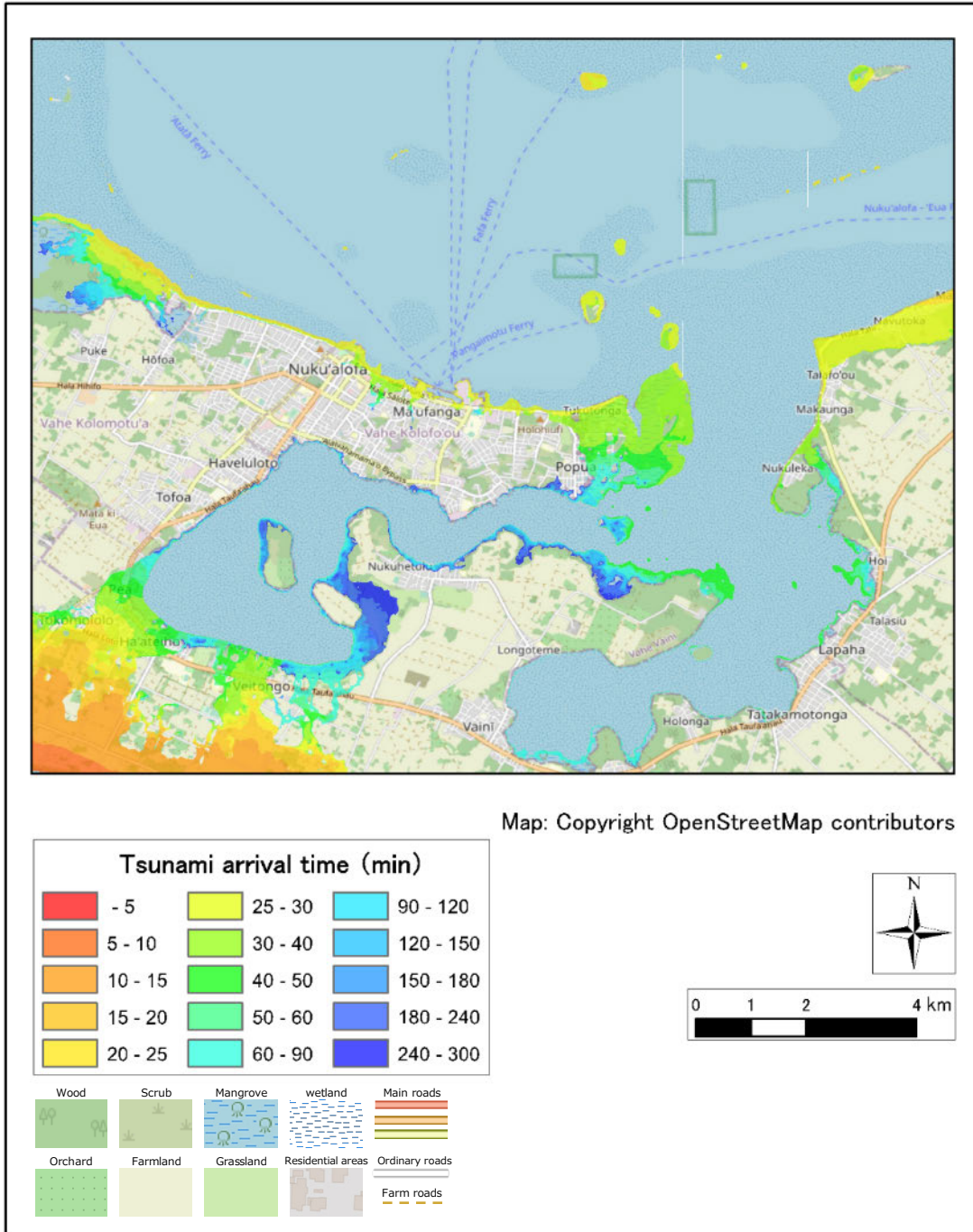
CASE: Volc6-3-1_StrMwl



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.97 津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-1_StrMwl

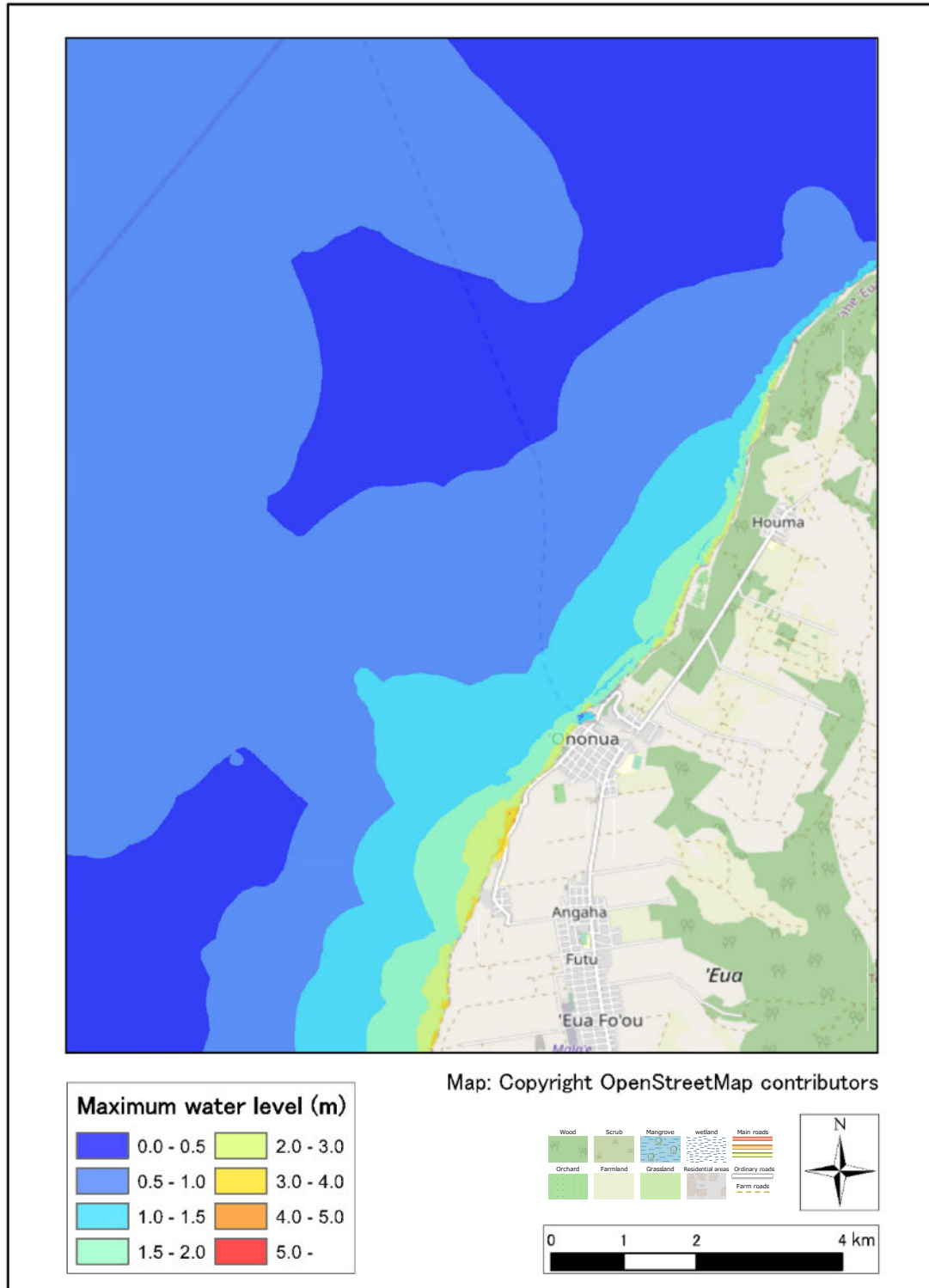


出典：JICA 調査団作成

図 2.6.98 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m)

4) 最大水位分布図 (オホヌア、エウア島)

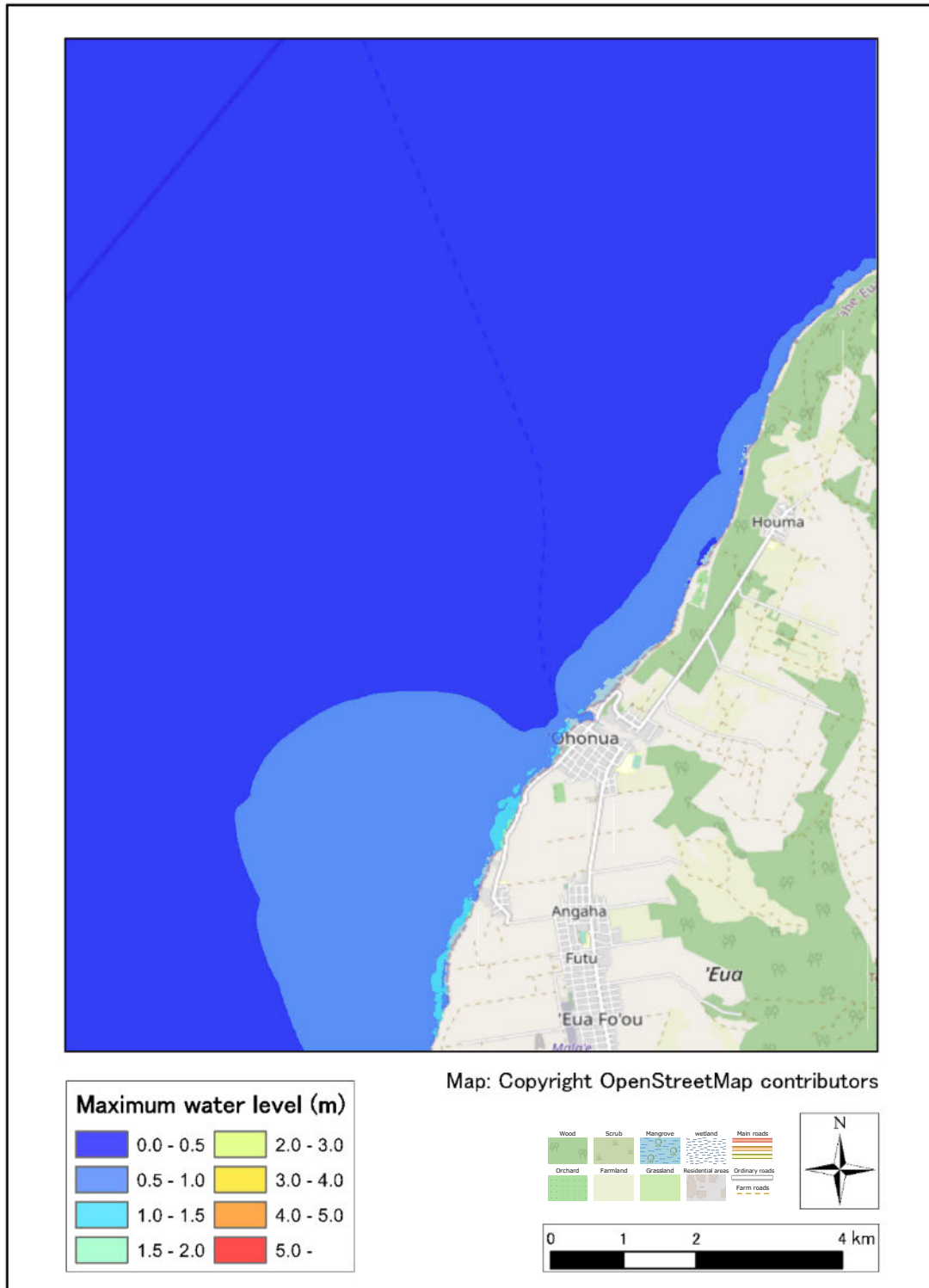
CASE: Volc0-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.99 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)

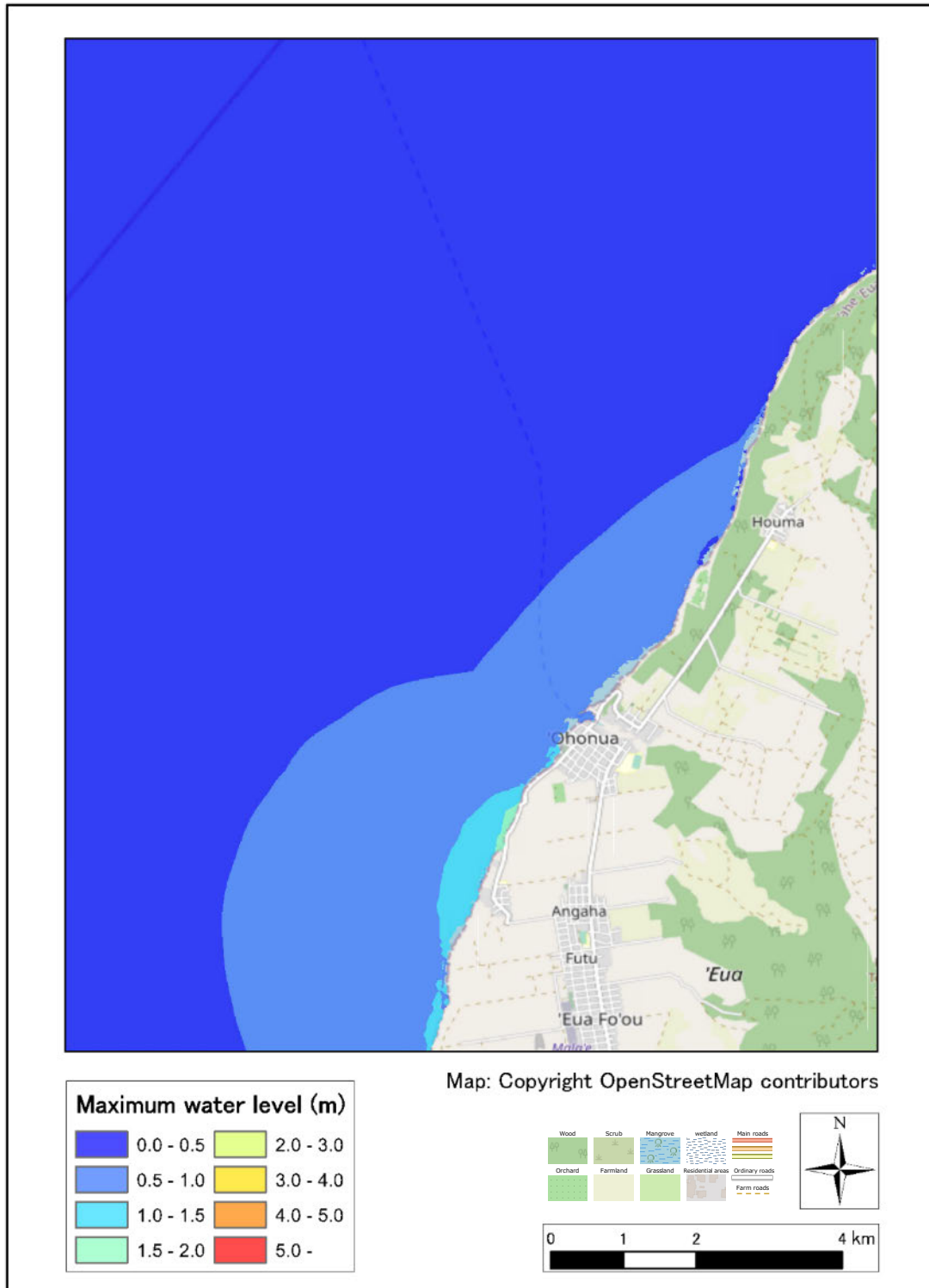
CASE: Volc1-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.100 最大水位分布図 (Unnamed1, H=30m)

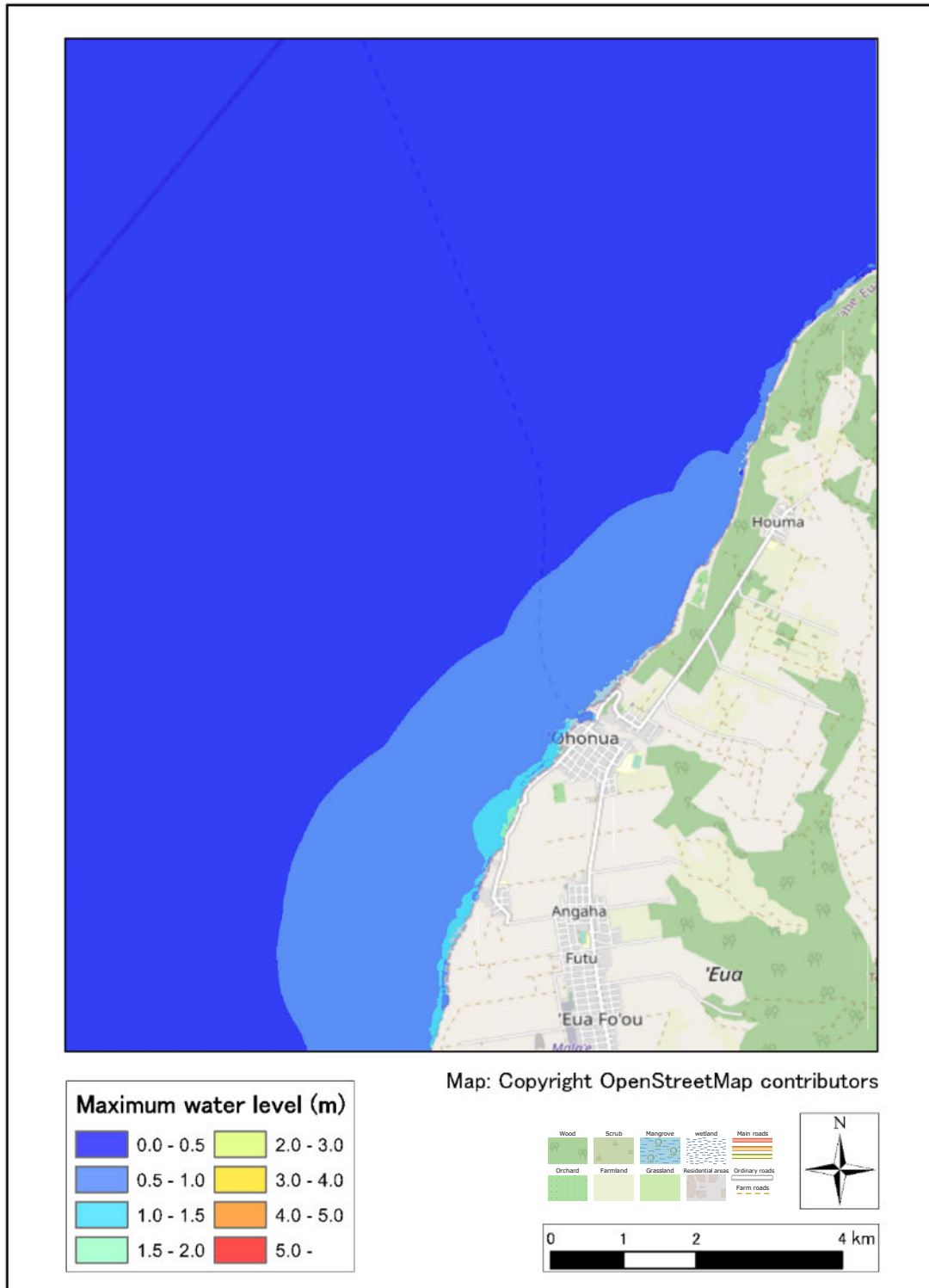
CASE: Volc2-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.101 最大水位分布図 (HomeReef, H=30m)

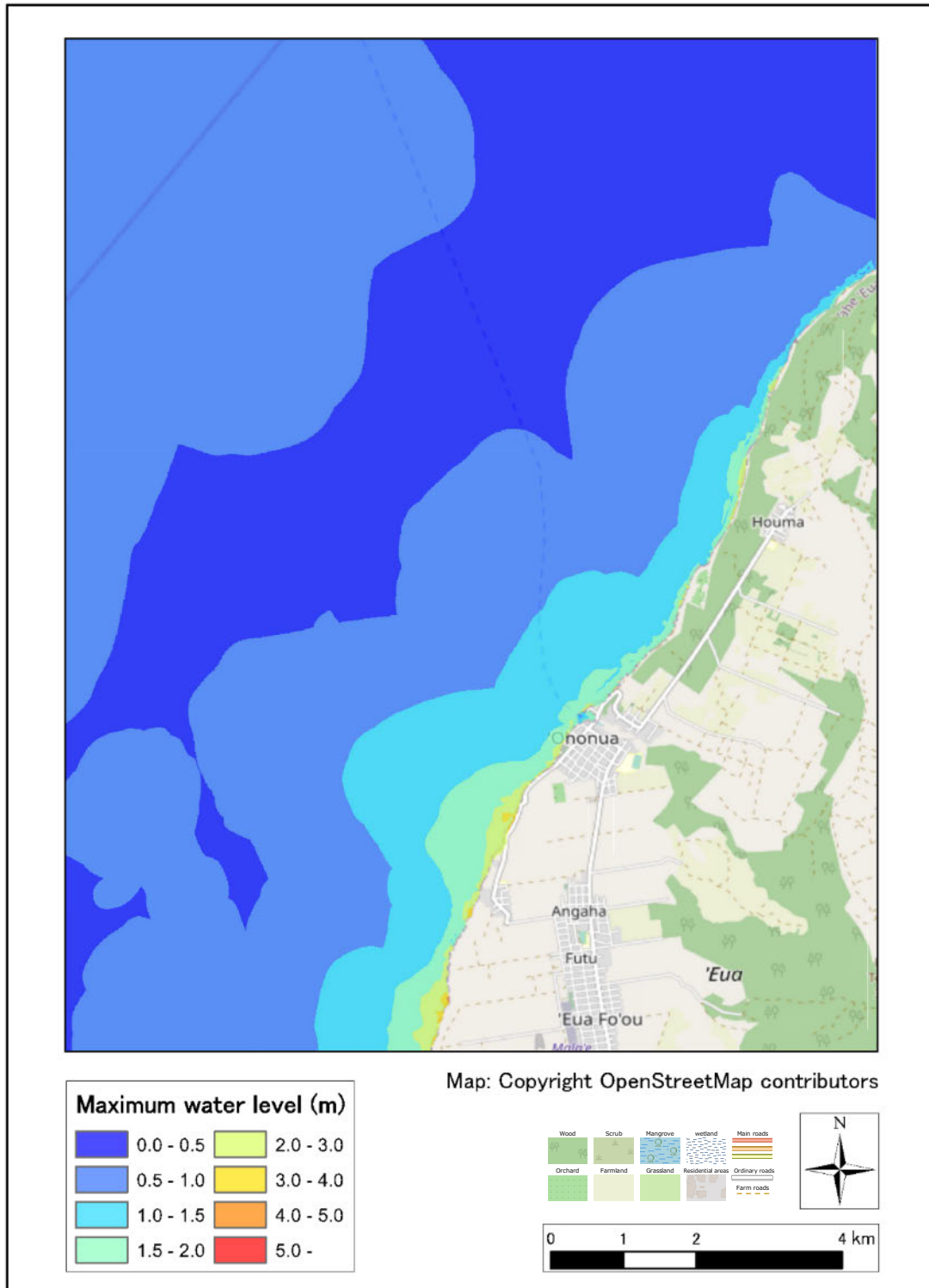
CASE: Volc3-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.102 最大水位分布図 (Lateiki, H=30m)

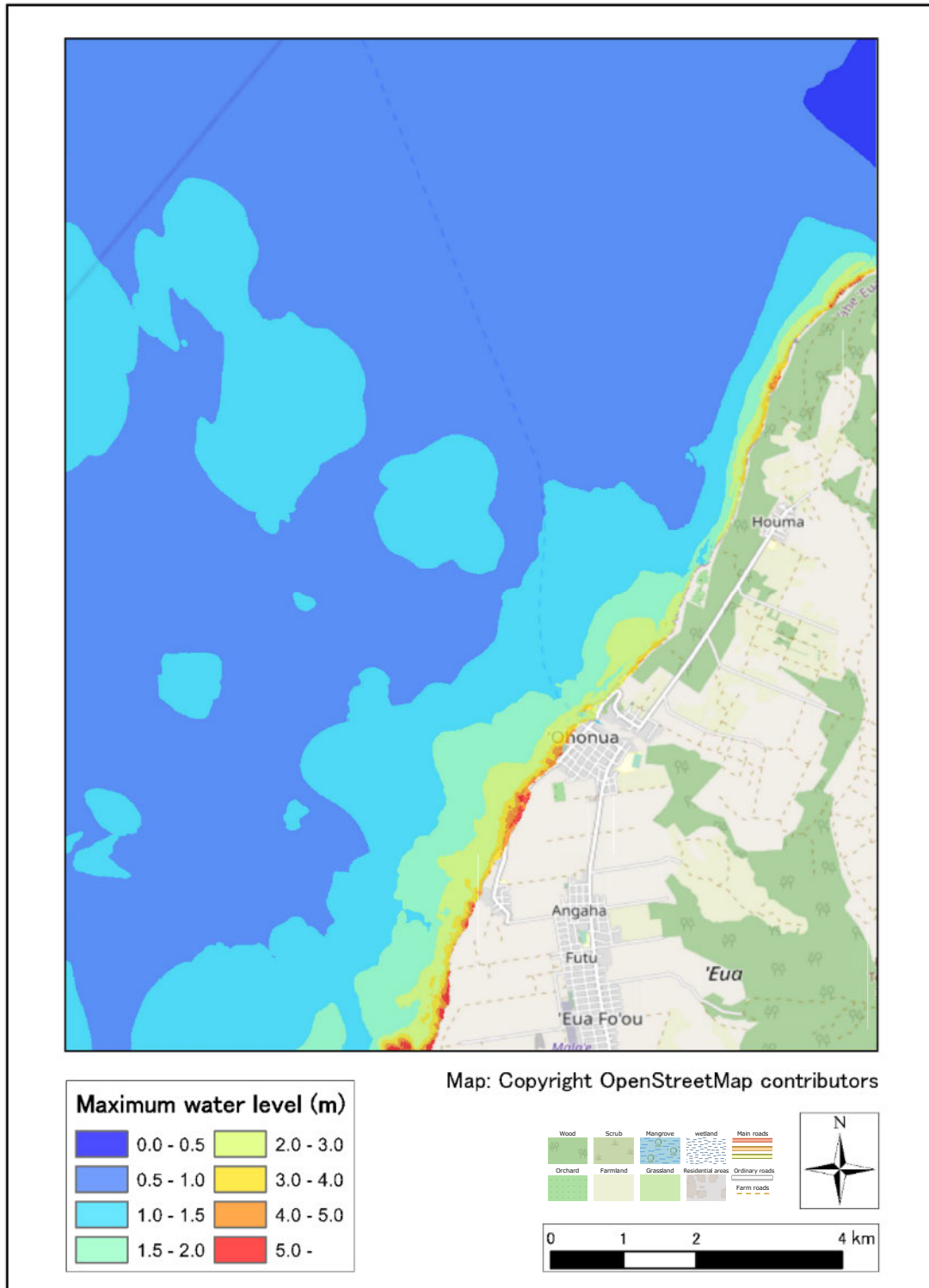
CASE: Volc4-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.103 最大水位分布図 (Fonoafo'ou H=30m)

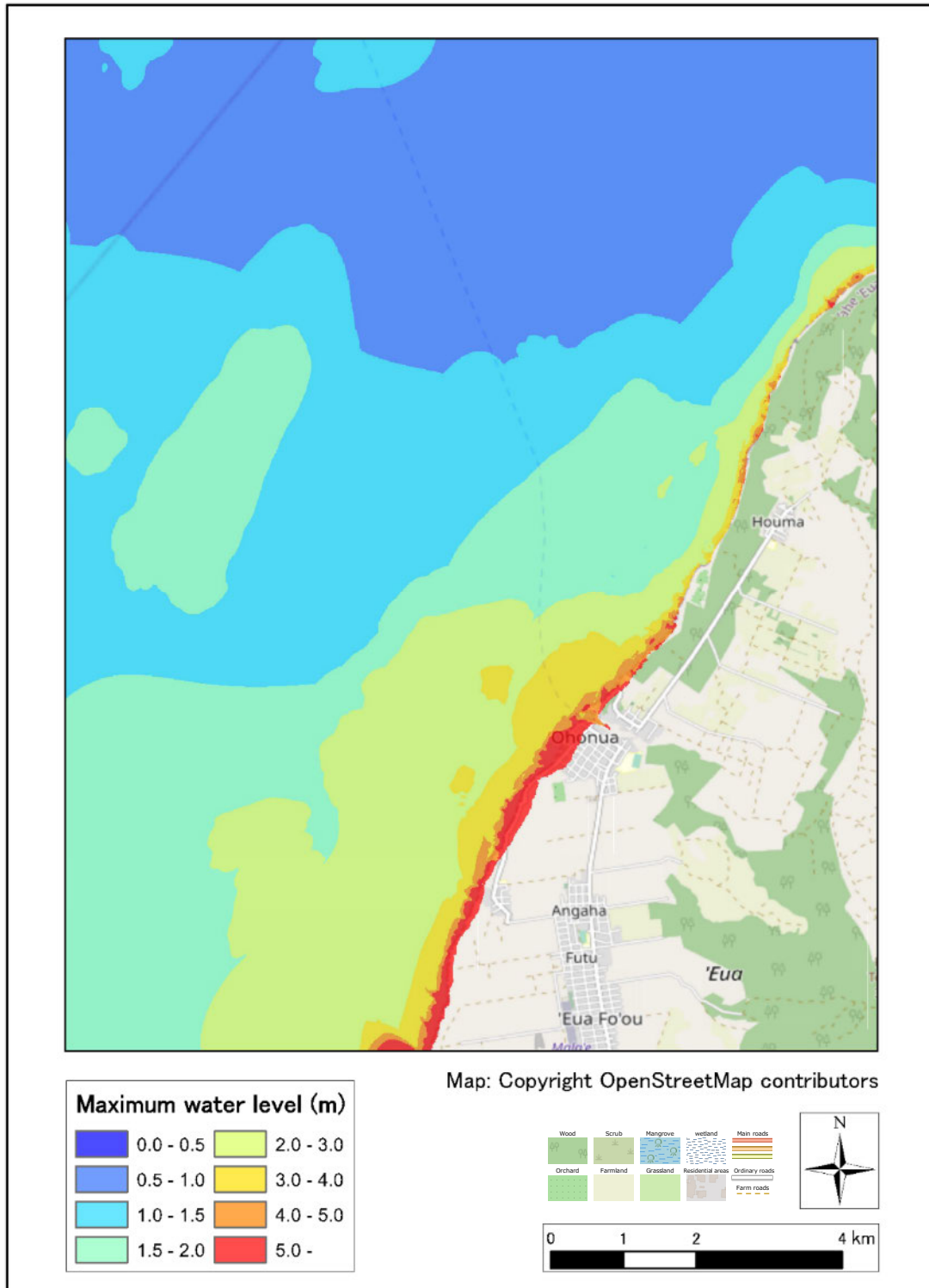
CASE: Volc5-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.104 最大水位分布図 (Unnamed2, H=30m)

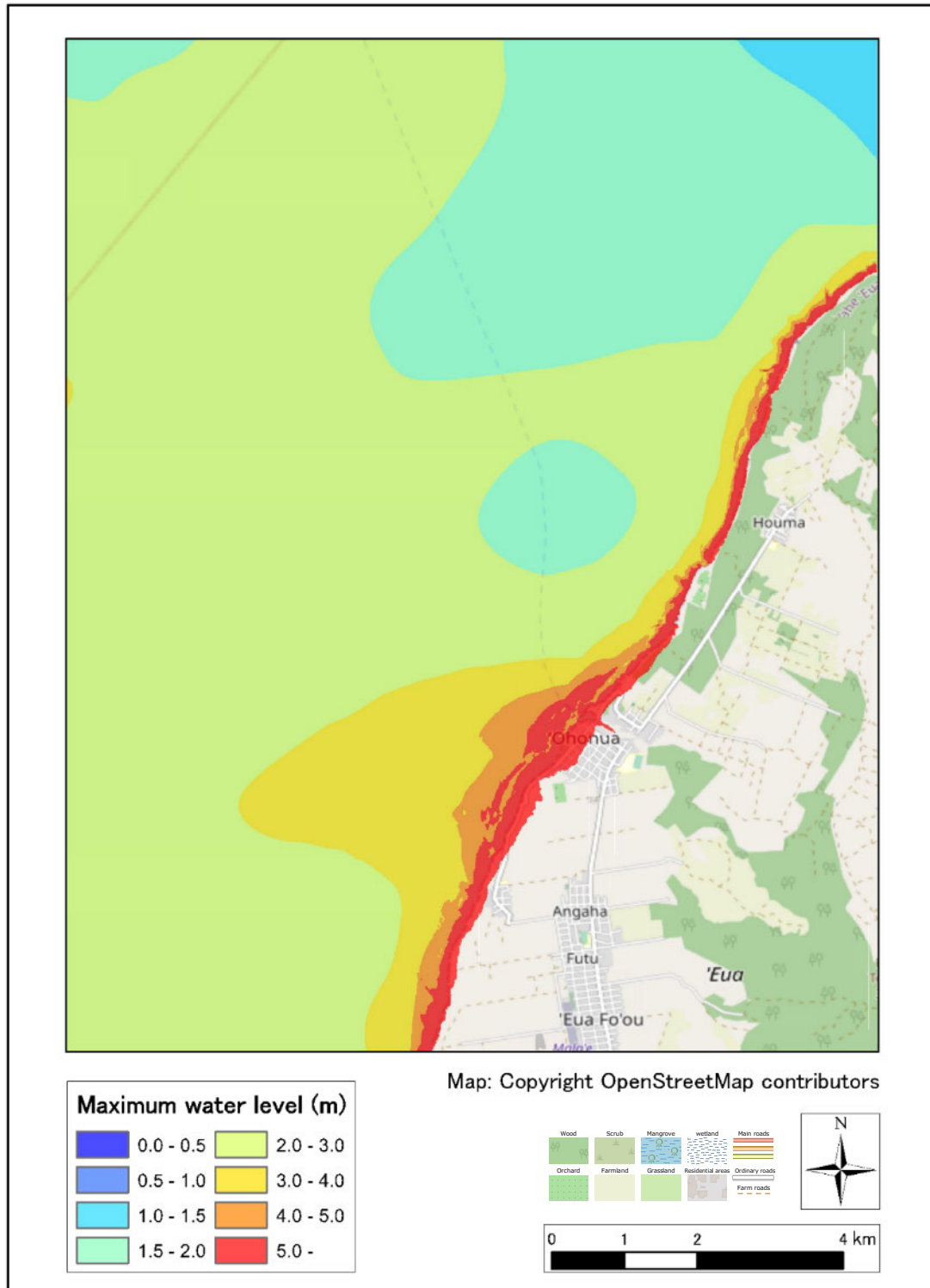
CASE: Volc6-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.105 最大水位分布図 (Unnamed3, H=30m)

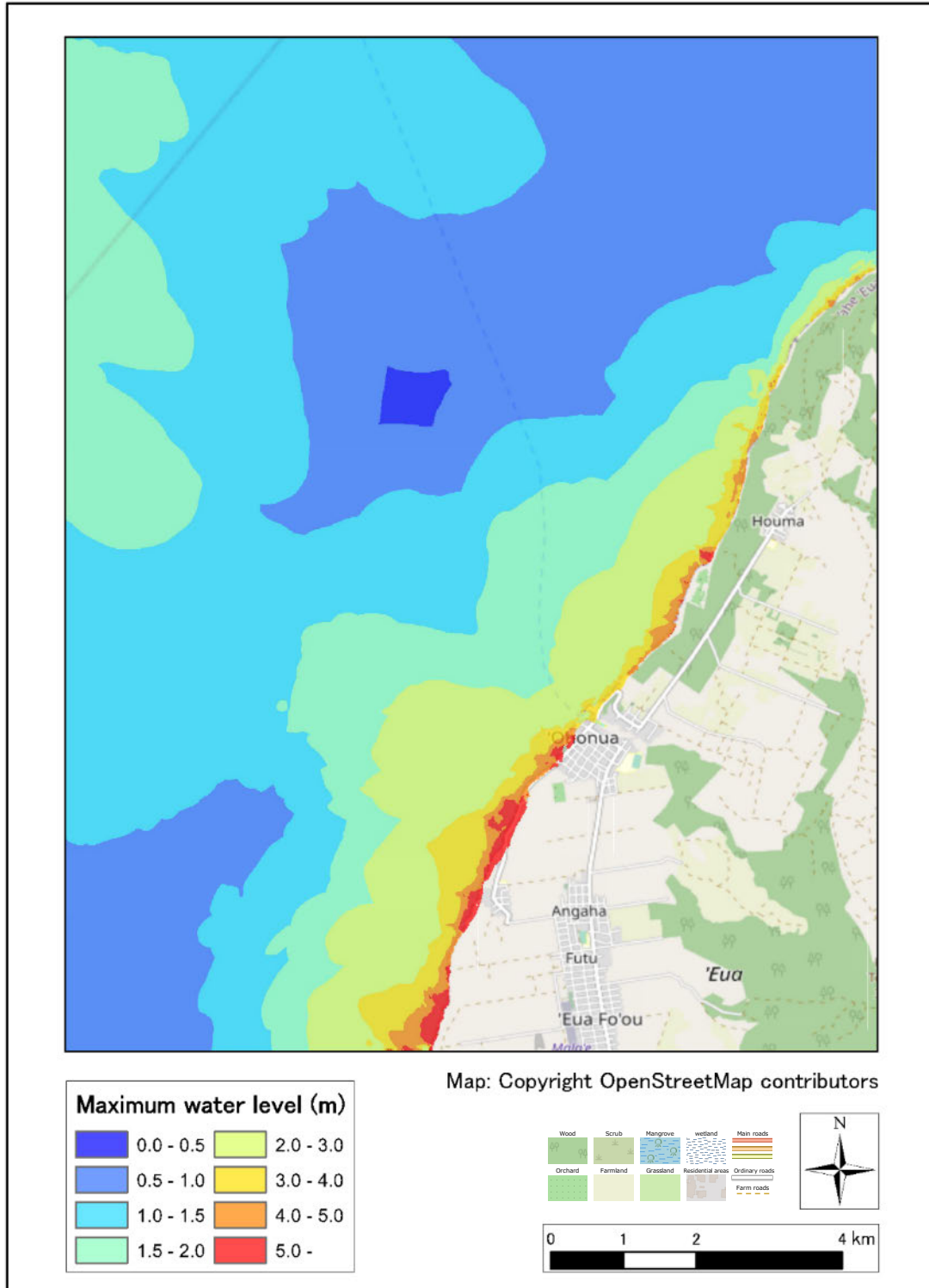
CASE: Volc7-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.106 最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m)

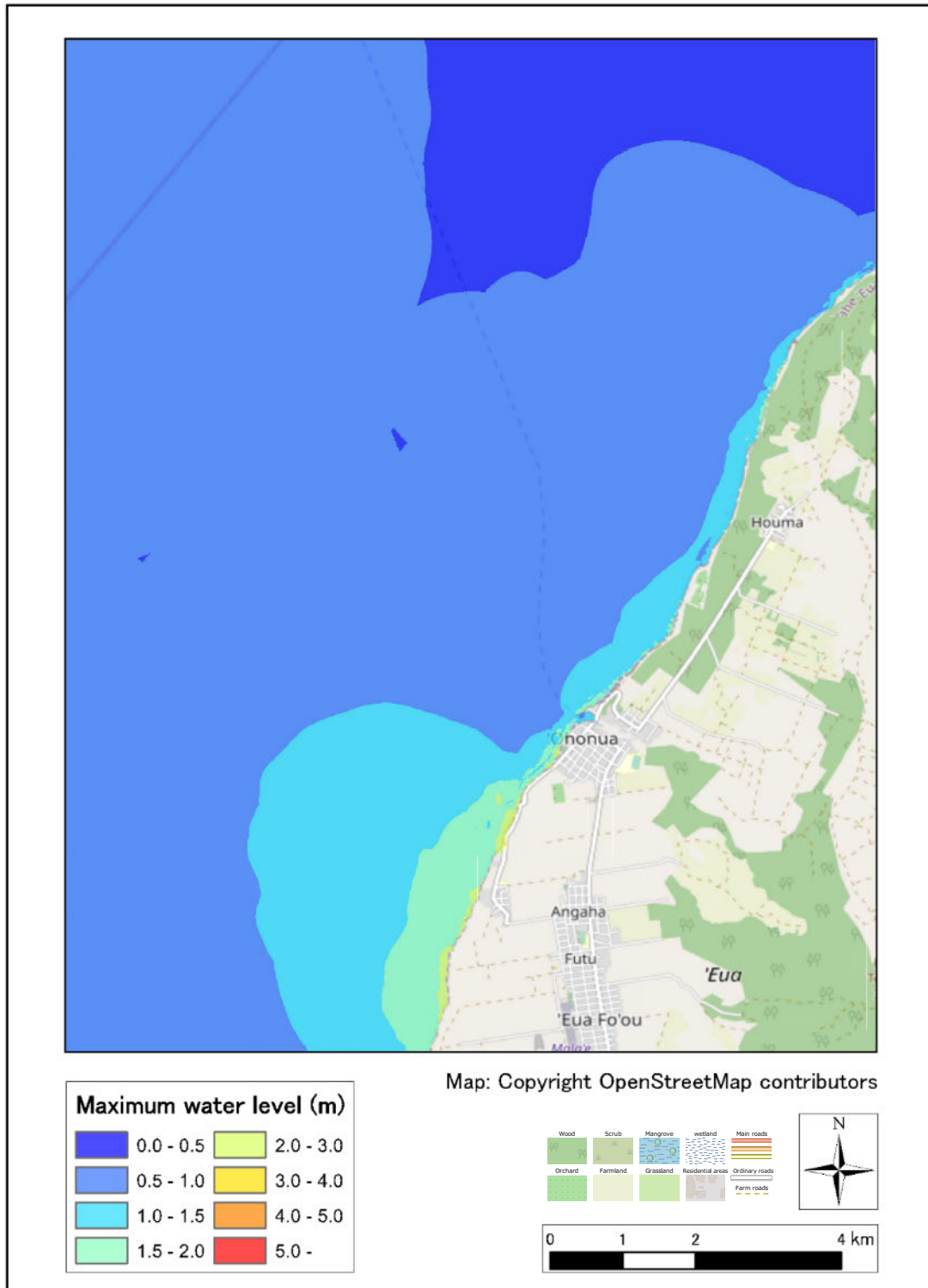
CASE: Volc0-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.107 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)

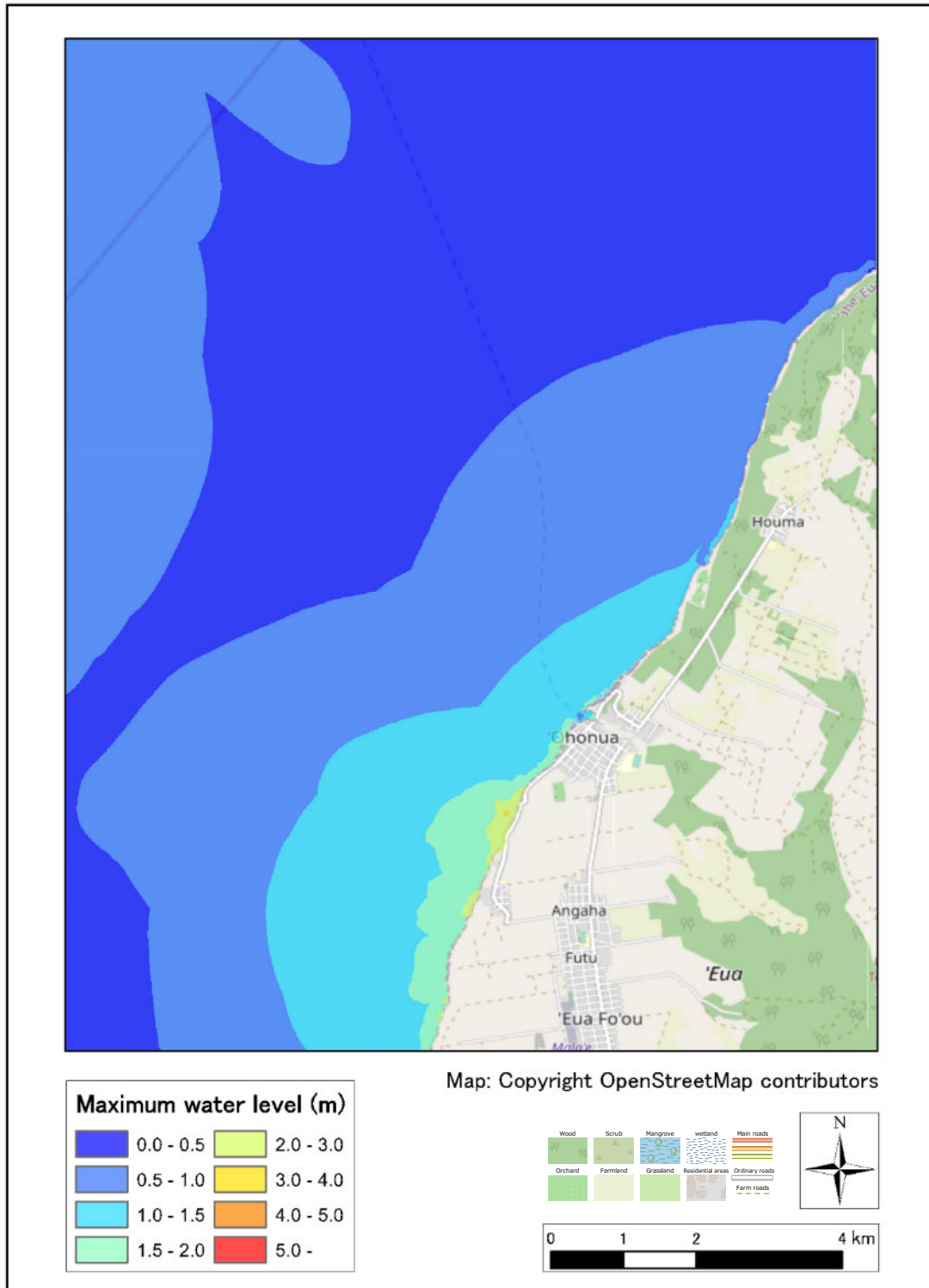
CASE: Volc1-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.108 最大水位分布図 (Unnamed1, H=60m)

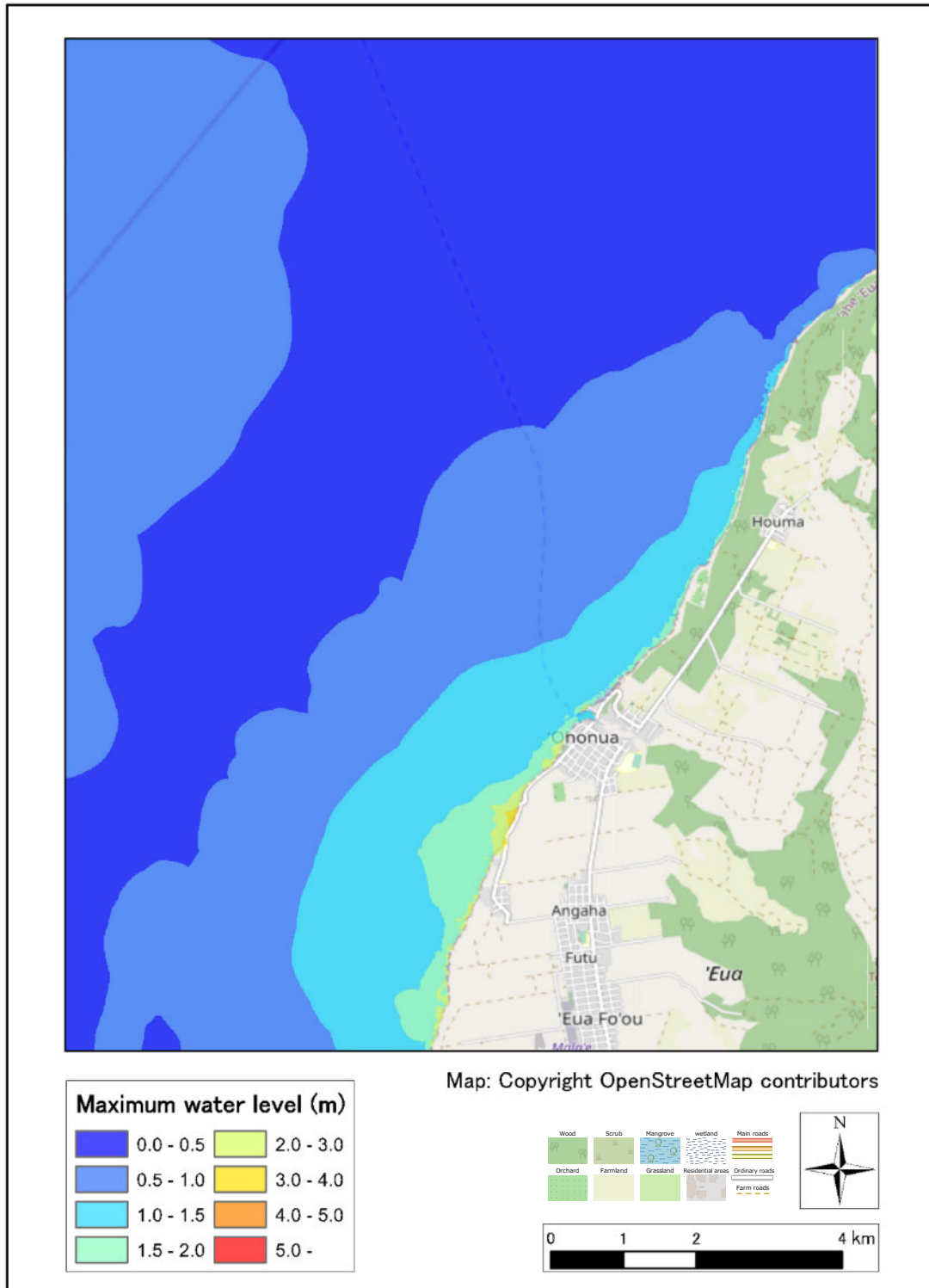
CASE: Volc2-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.109 最大水位分布図 (HomeReef, H=60m)

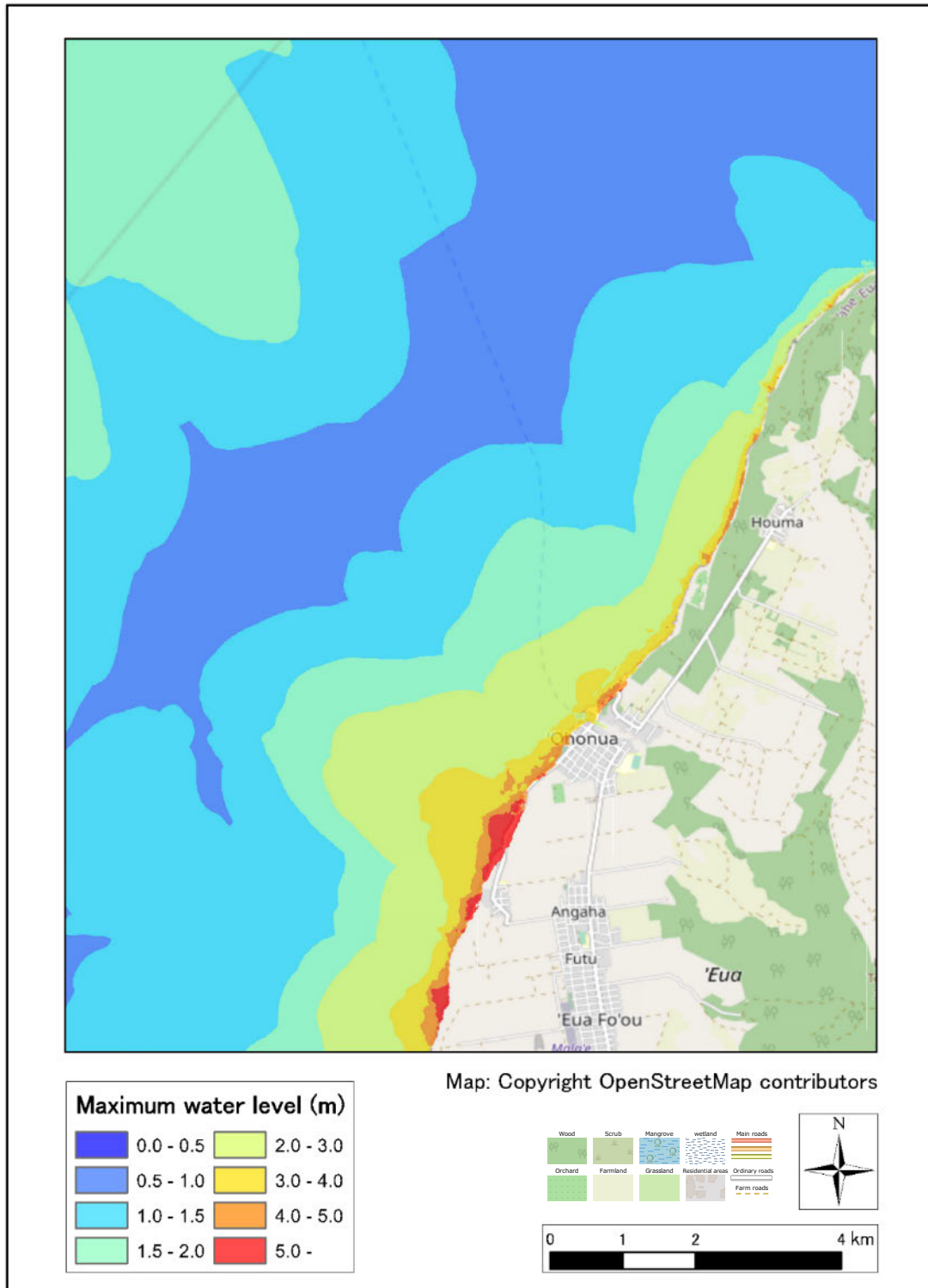
CASE: Volc3-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.110 最大水位分布図 (Lateiki, H=60m)

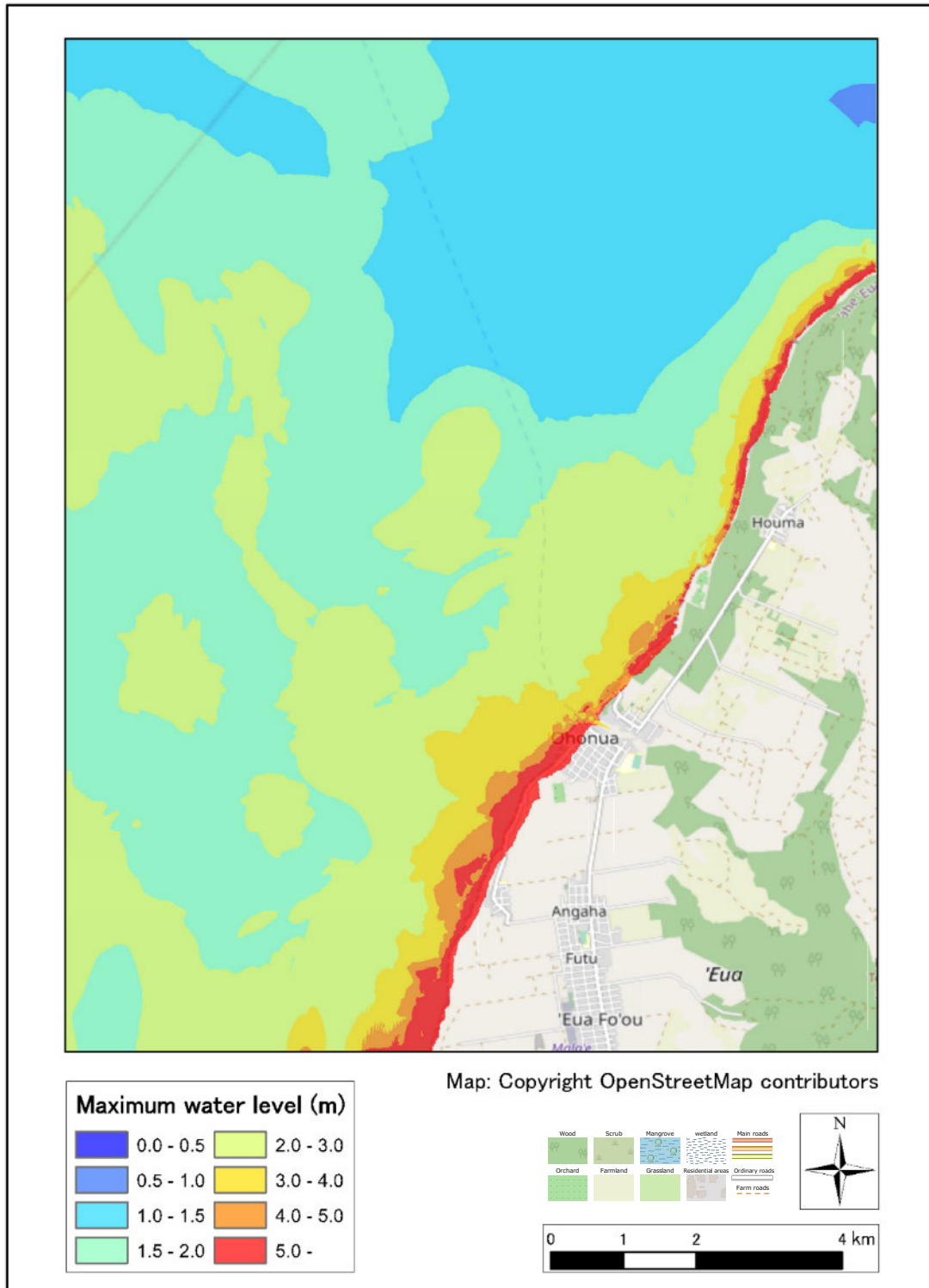
CASE: Volc4-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.111 最大水位分布図 (Fonuafu'ou, H=60m)

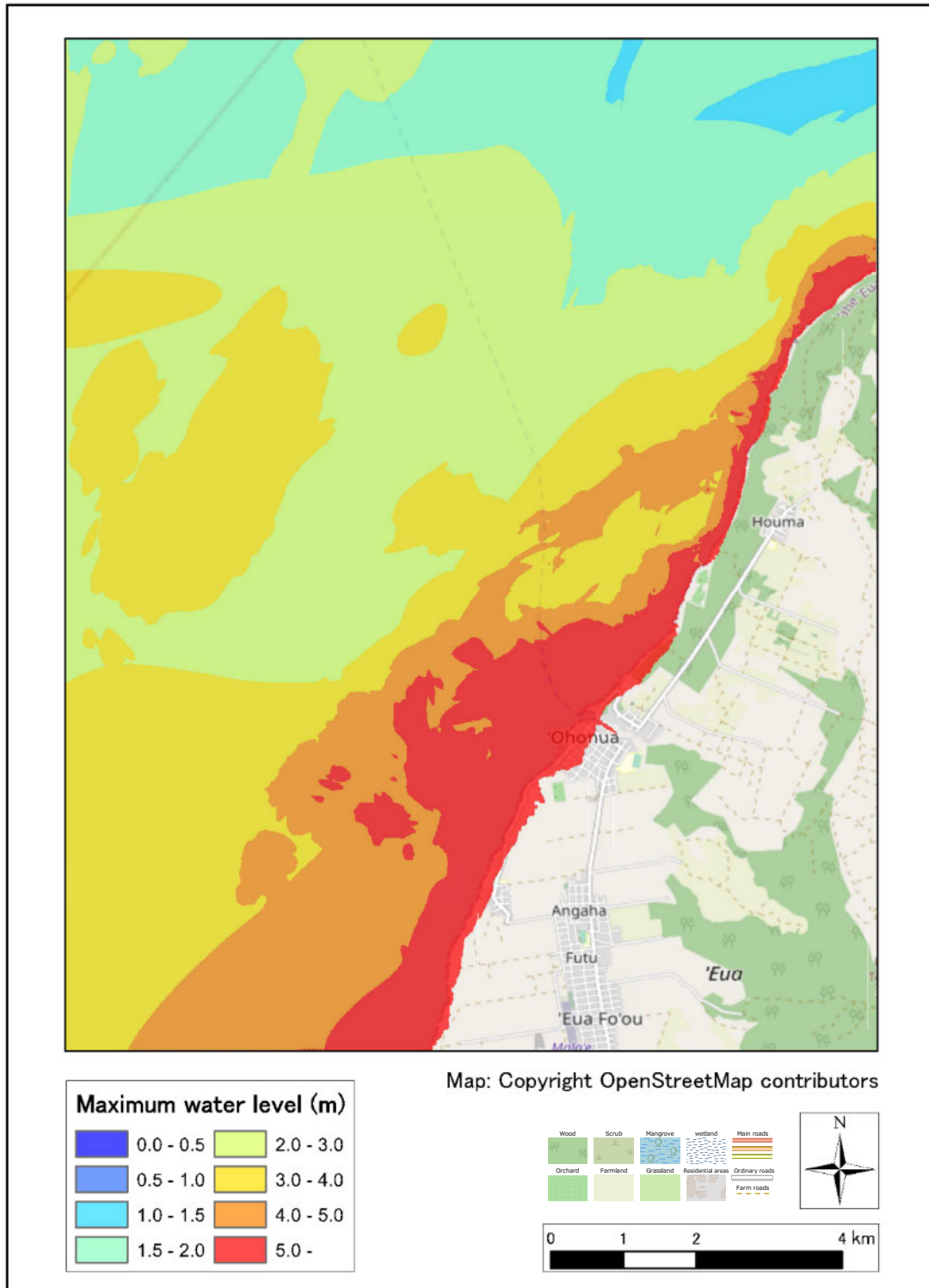
CASE: Volc5-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.112 最大水位分布図 (Unnamed2, H=60m)

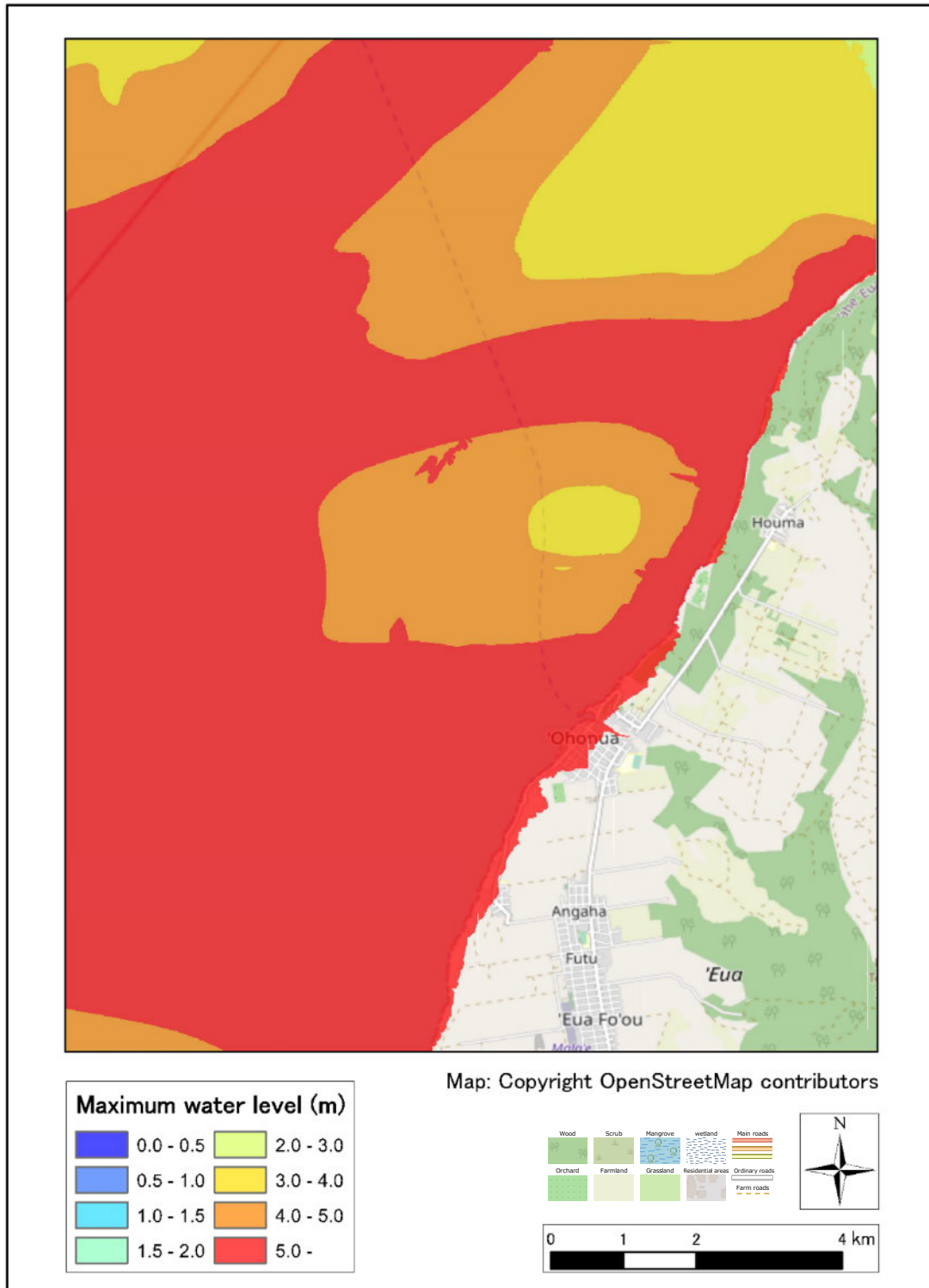
CASE: Volc6-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.113 最大水位分布図 (Unnamed3, H=60m)

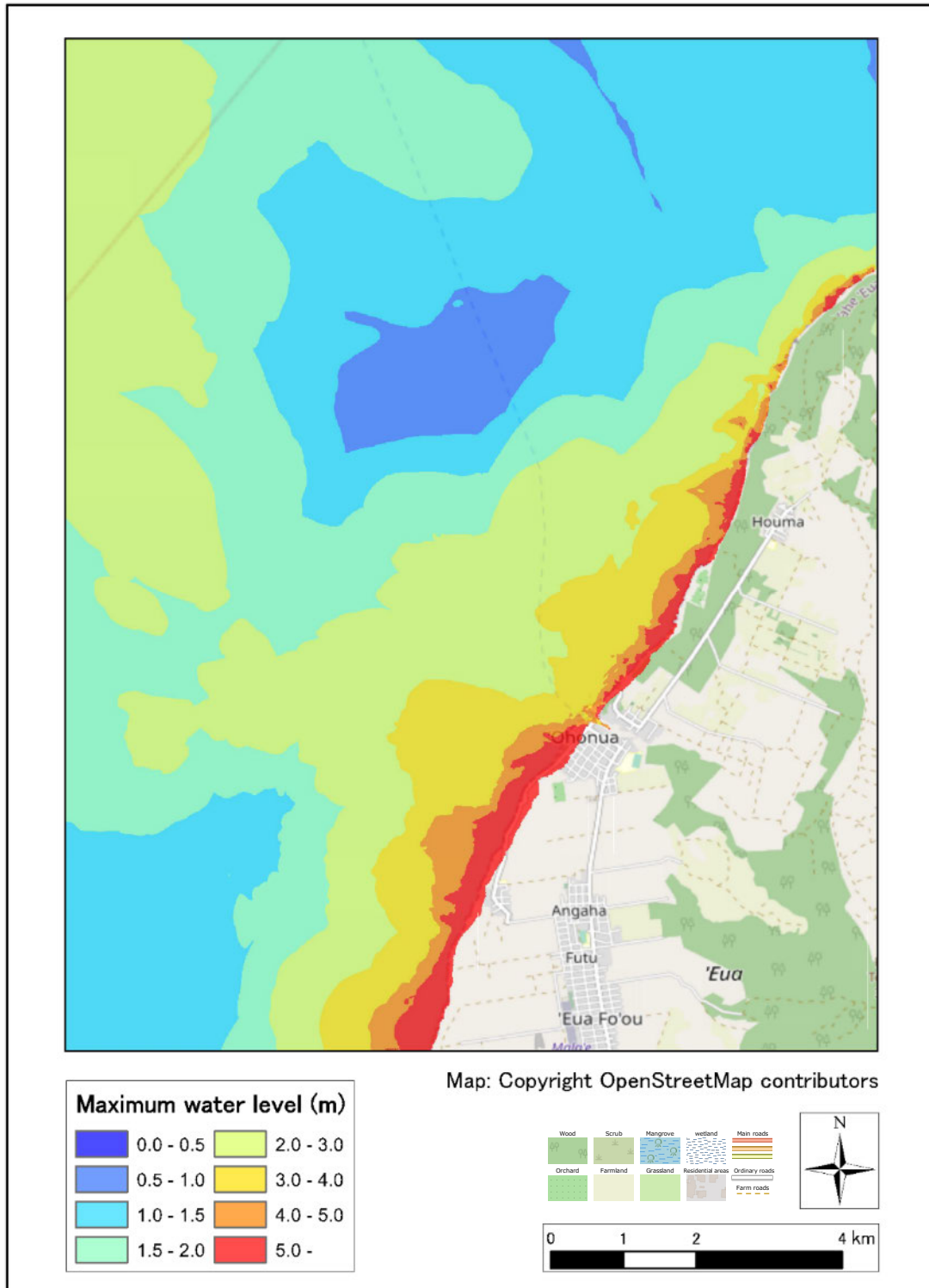
CASE: Volc7-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.114 最大水位分布図 (Unnamed4, H=30m)

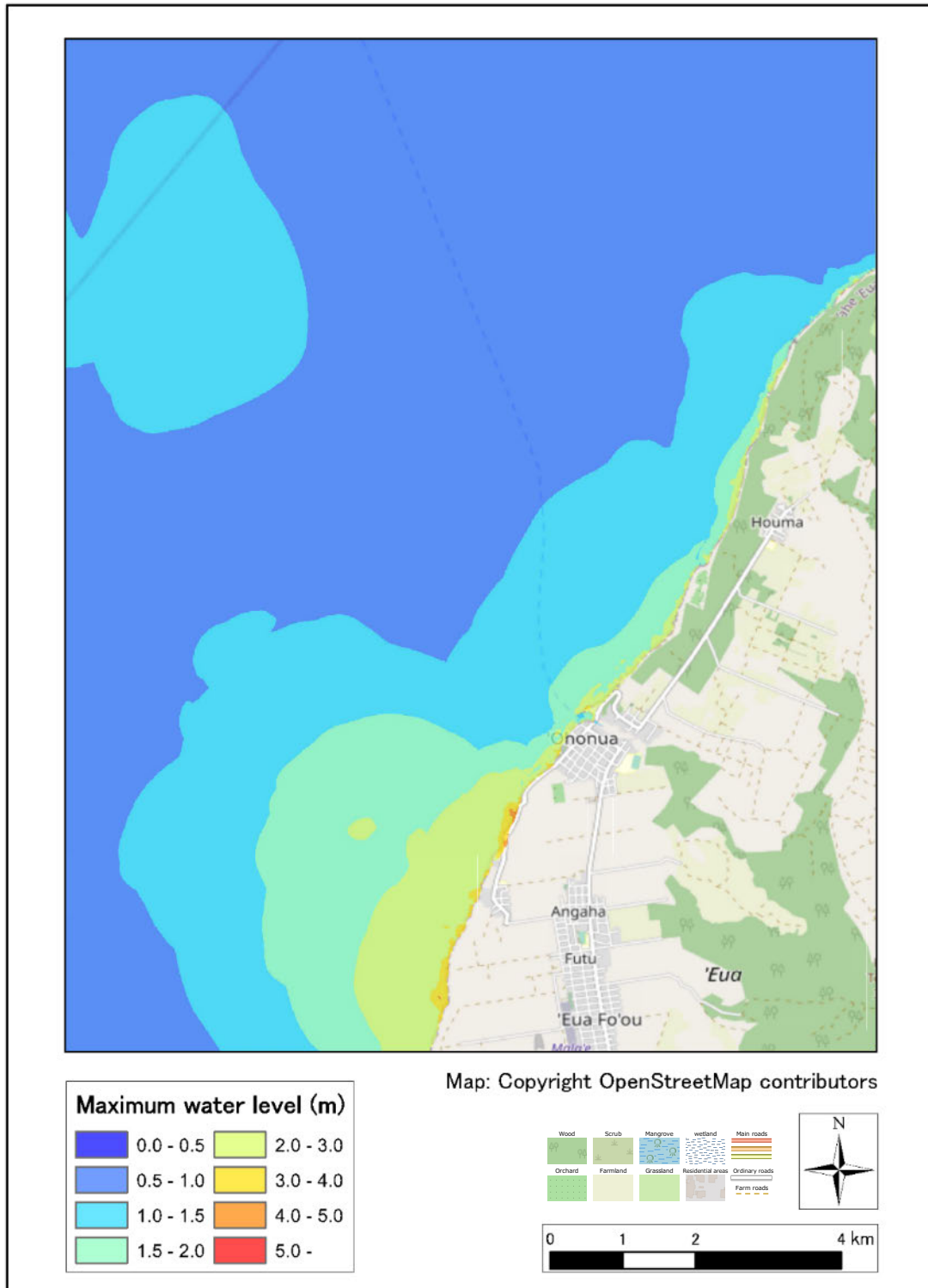
CASE: Volc0-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.115 最大水位分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

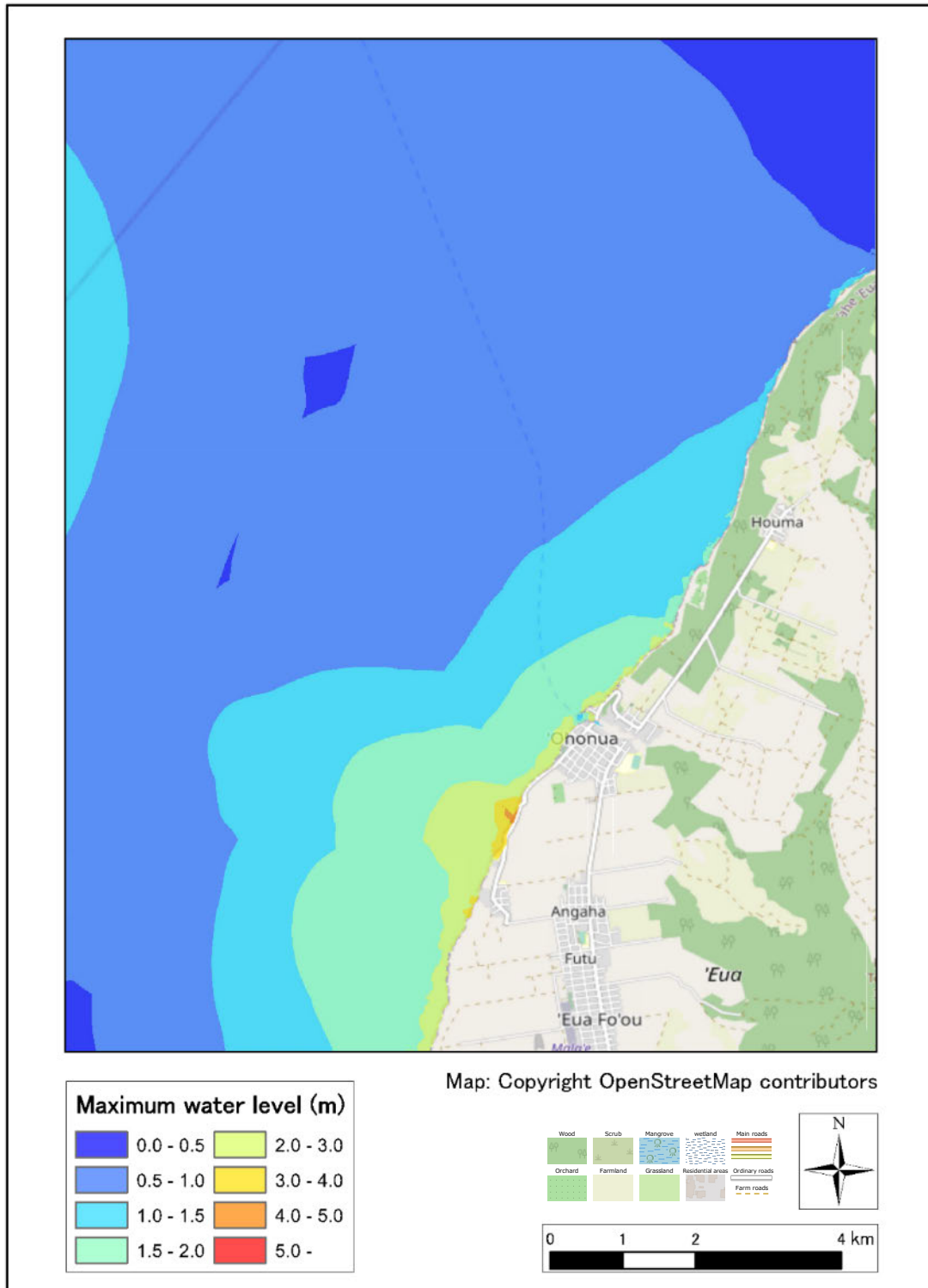
CASE: Volc1-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.116 最大水位分布図 (Unnamed1, H=90m)

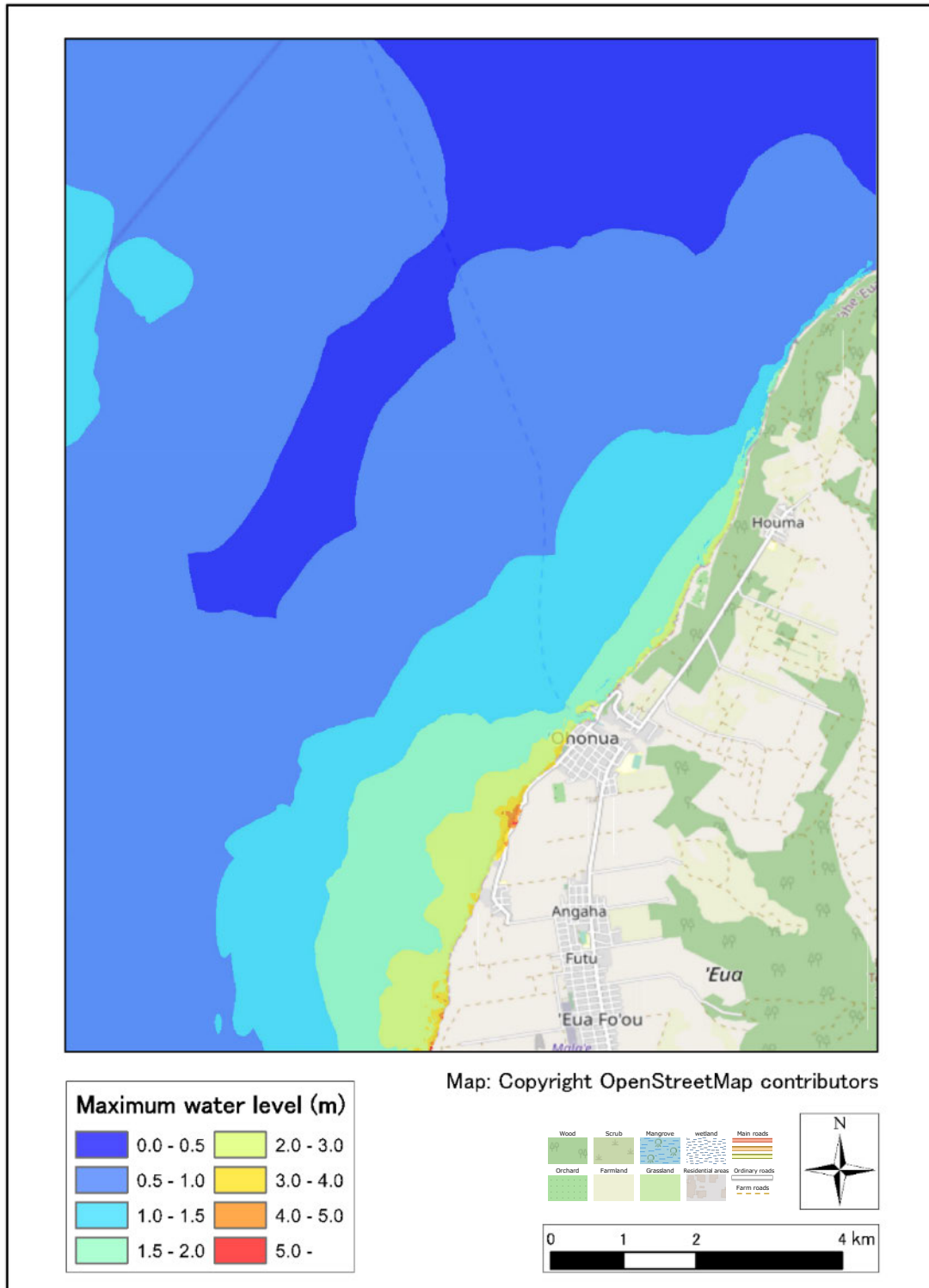
CASE: Volc2-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.117 最大水位分布図 (HomeReef, H=90m)

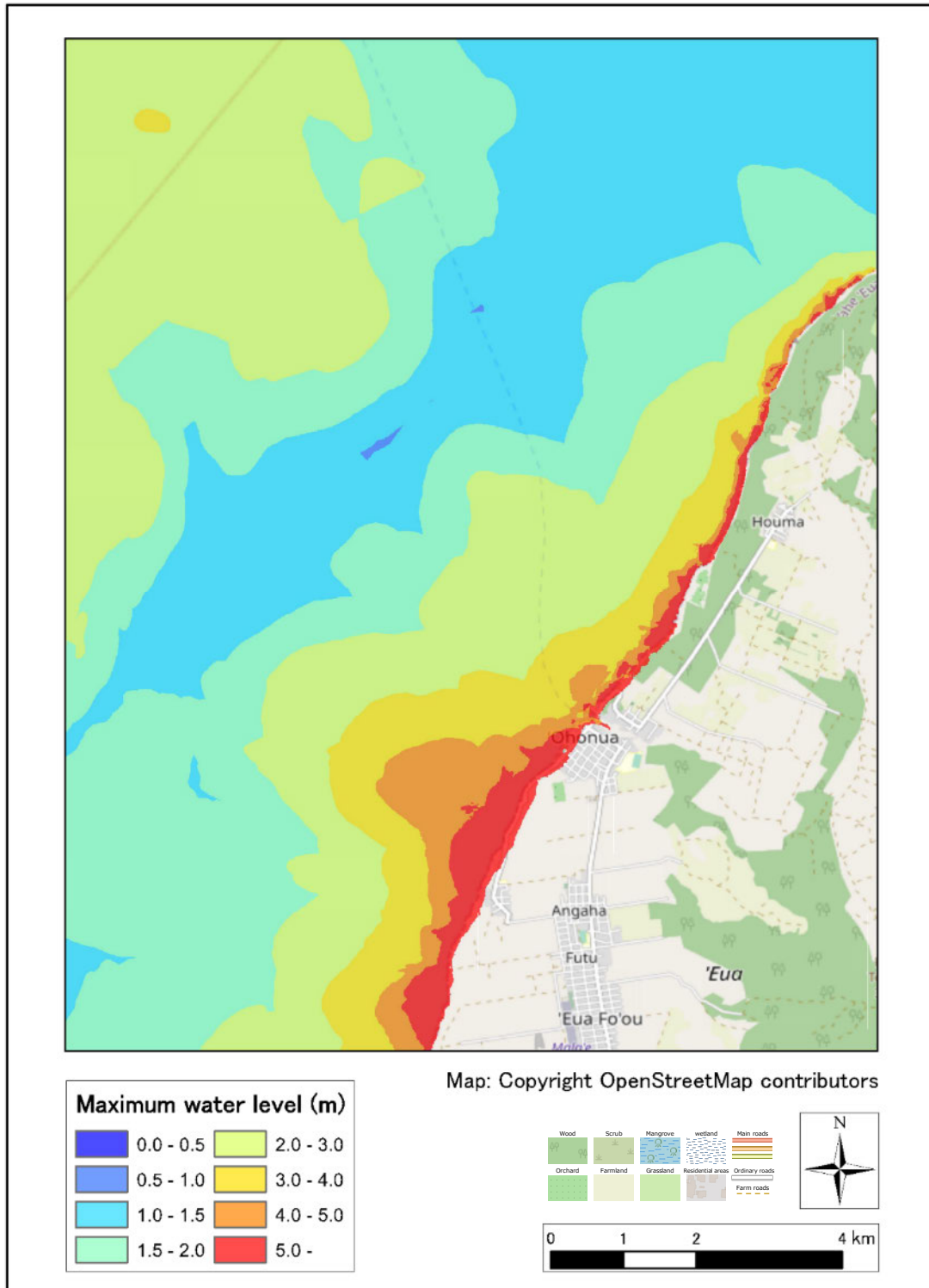
CASE: Volc3-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.118 最大水位分布図 (Lateiki, H=90m)

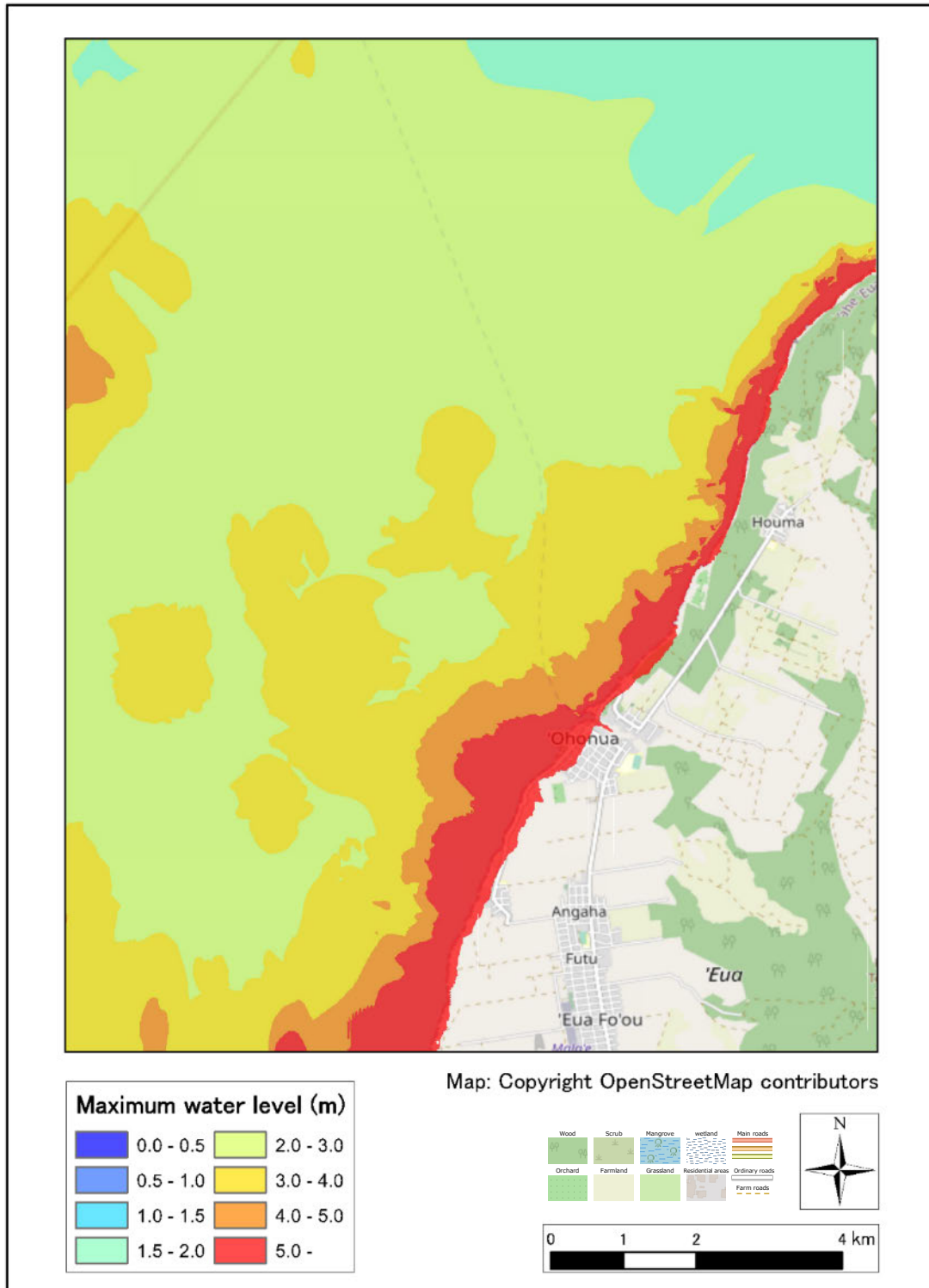
CASE: Volc4-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.119 最大水位分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)

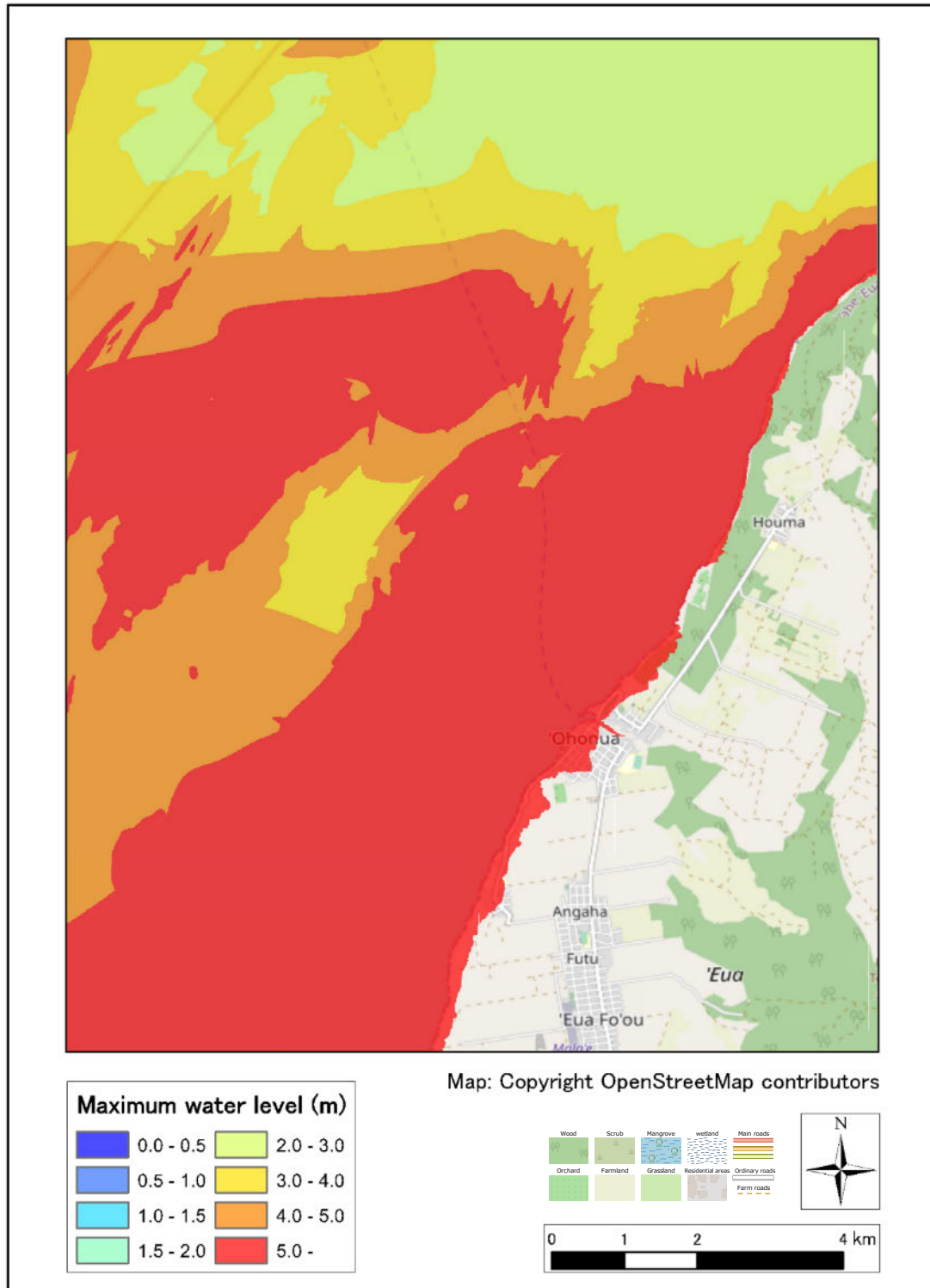
CASE: Volc5-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.120 最大水位分布図 (Unnamed2, H=90m)

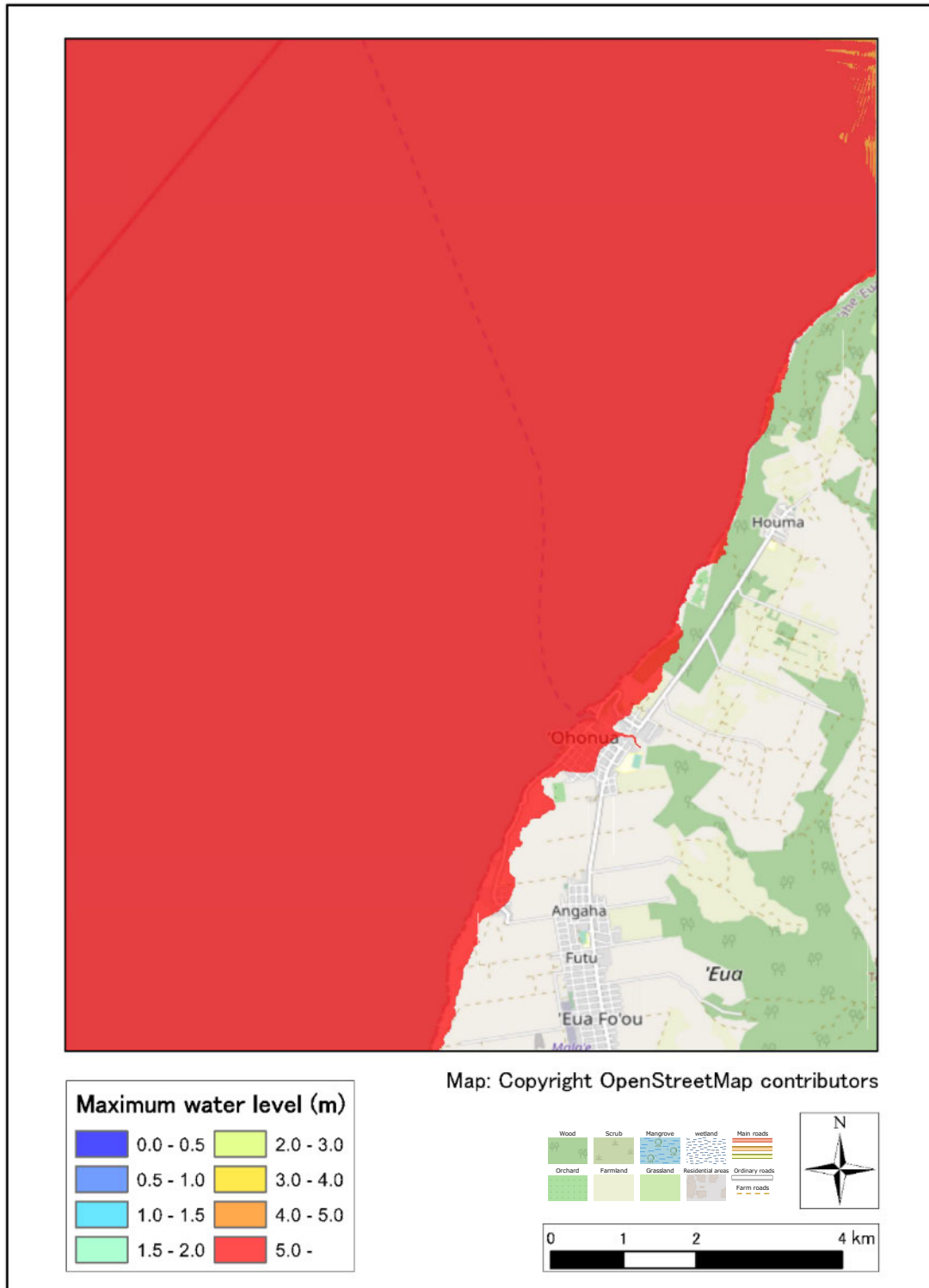
CASE: Volc6-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.121 最大水位分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.122 最大水位分布図 (Unnamed4, H=90m)

5) 最大浸水深分布図 (オホヌア、エウア島)

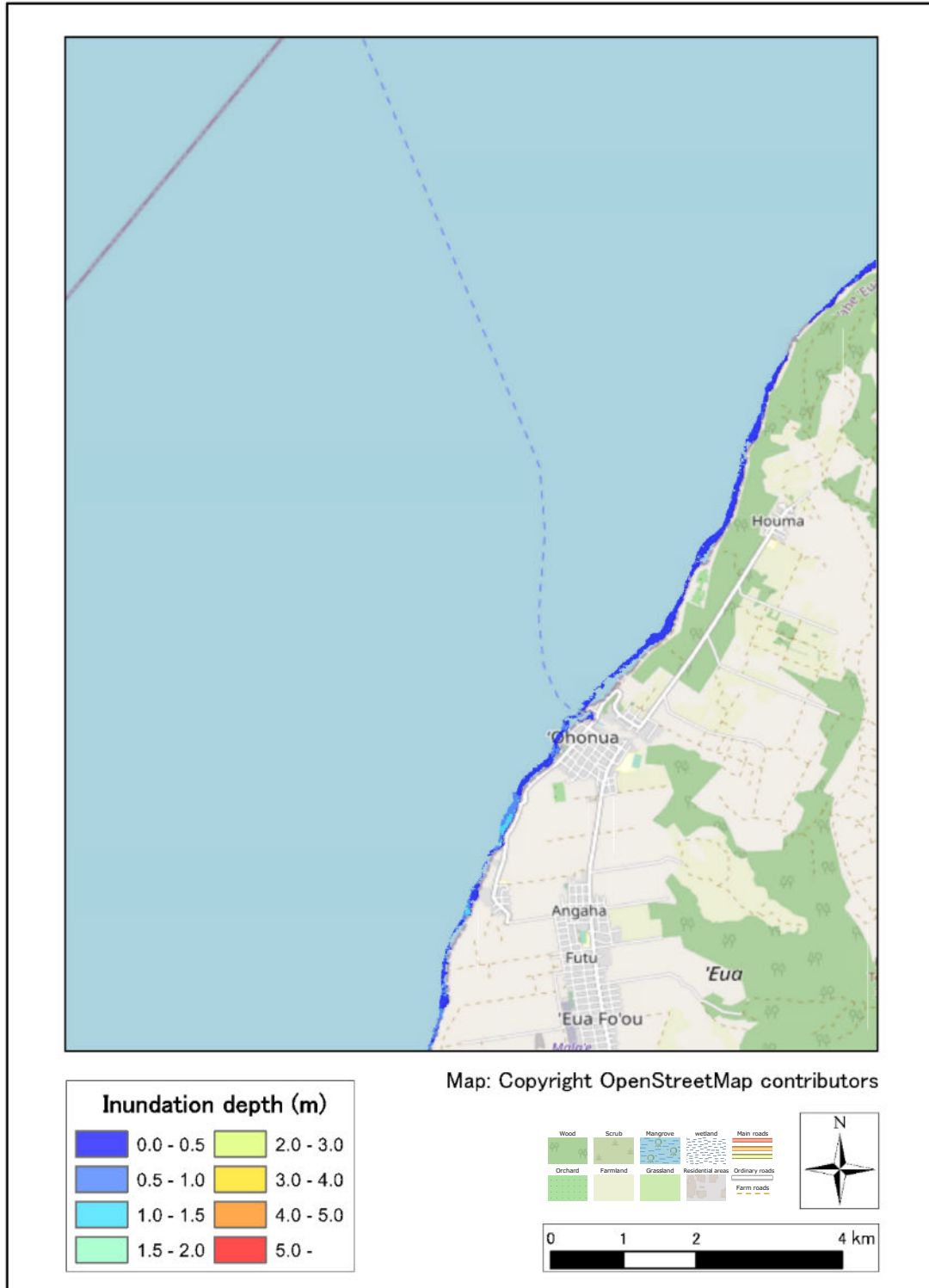
CASE: Volc0-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.123 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)

CASE: Volc1-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.124 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=30m)

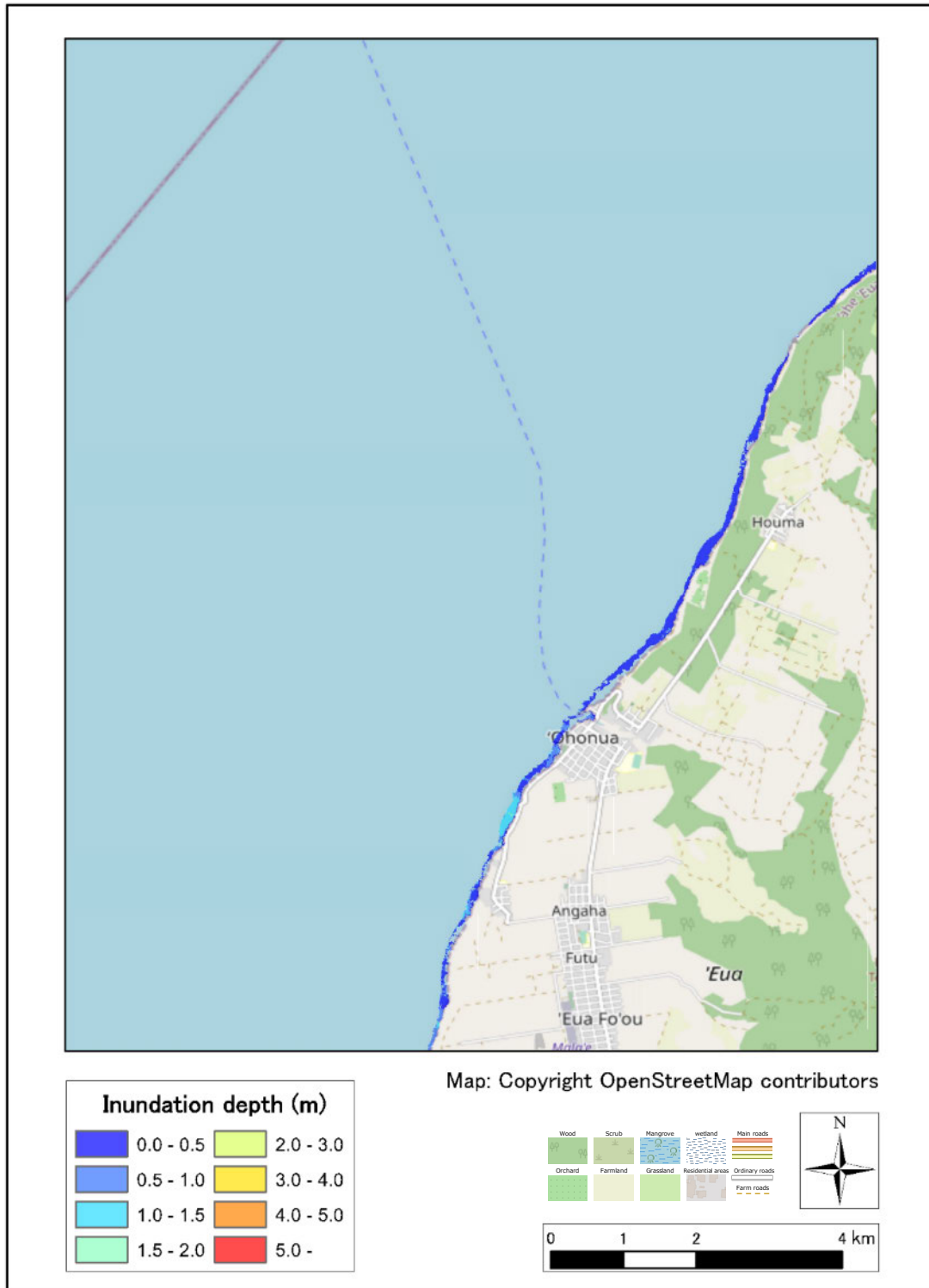
CASE: Volc2-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.125 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=30m)

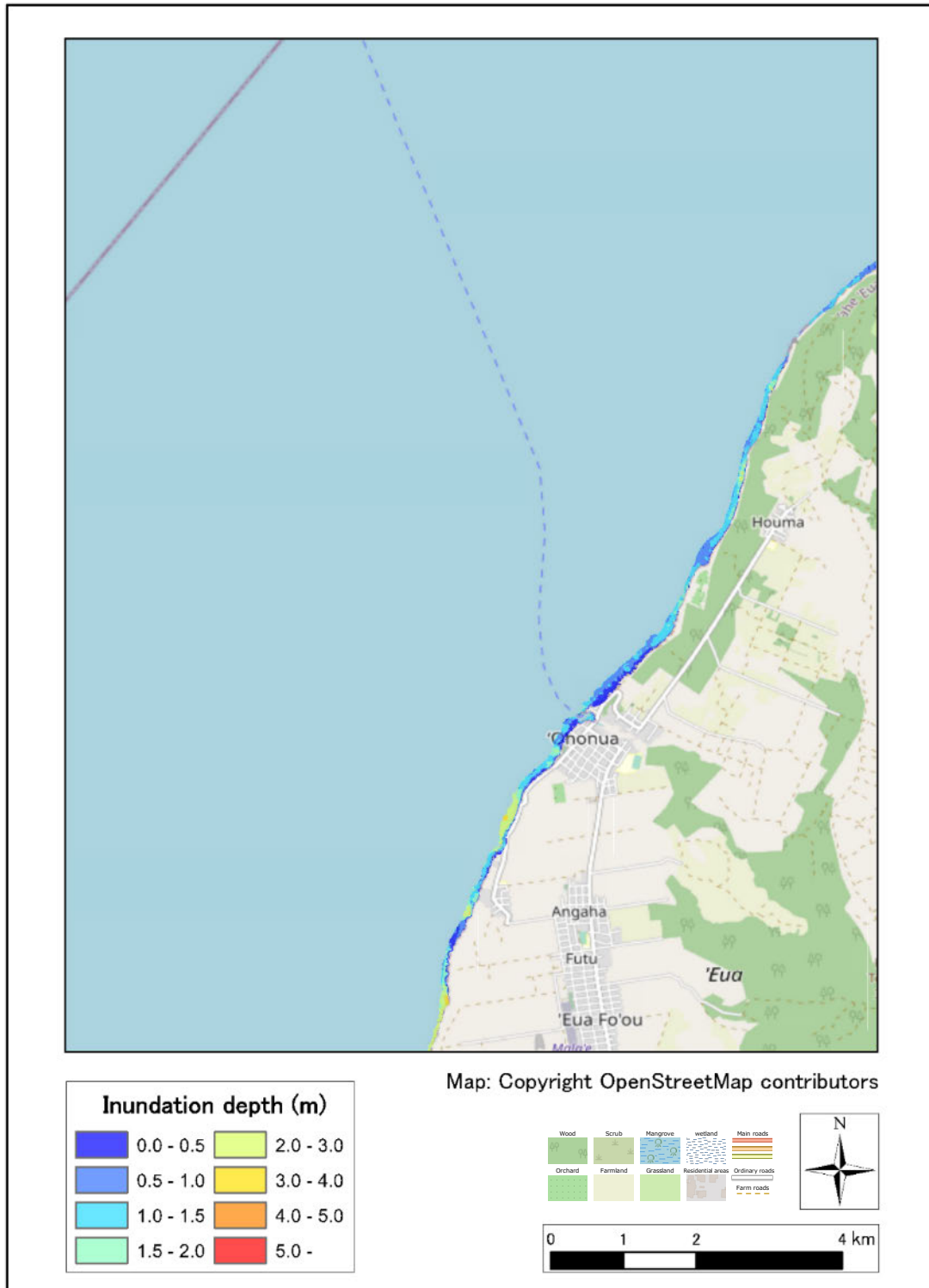
CASE: Volc3-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.126 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=30m)

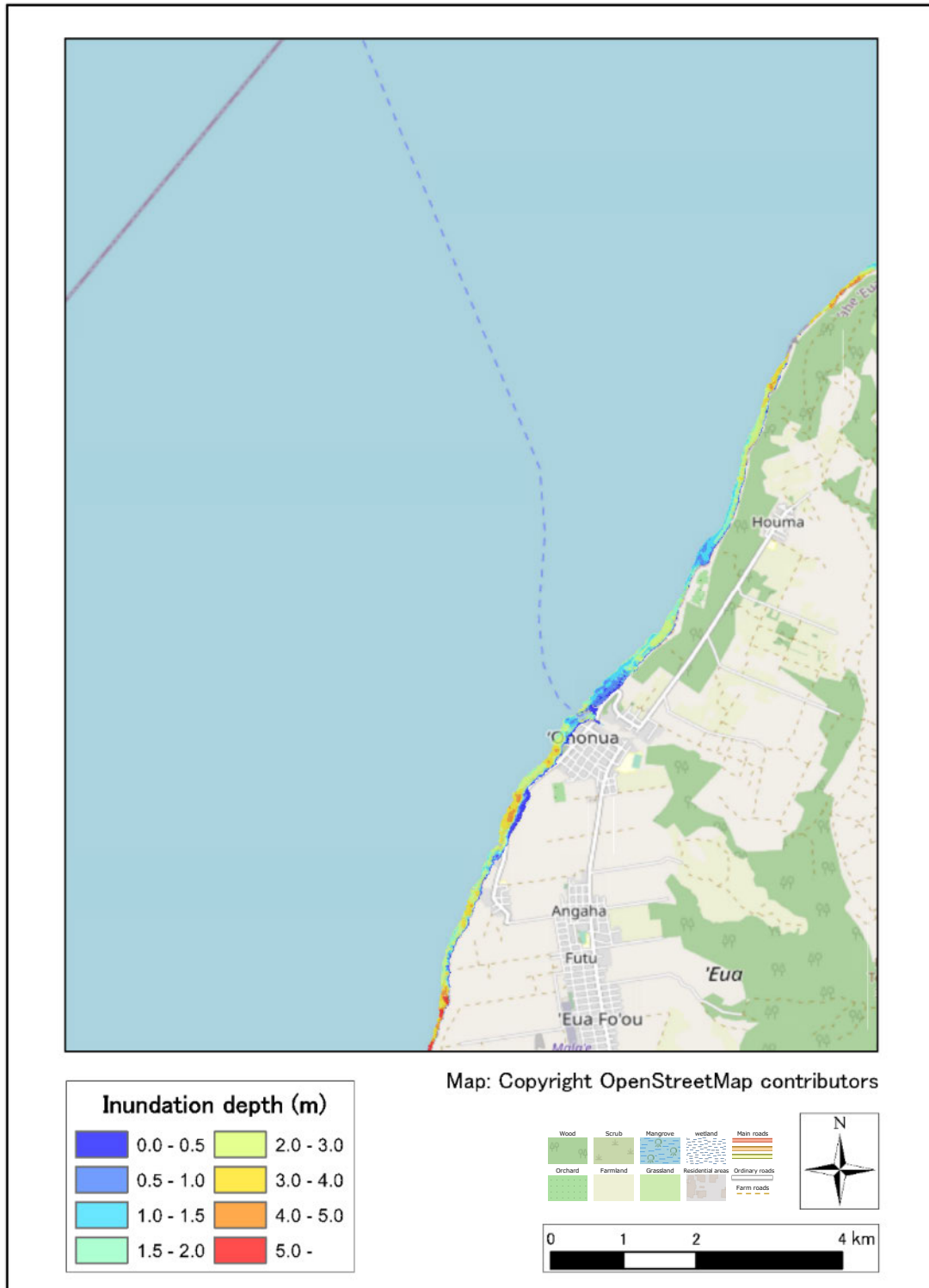
CASE: Volc4-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.127 最大浸水深分布図 (Fonoafo'ou H=30m)

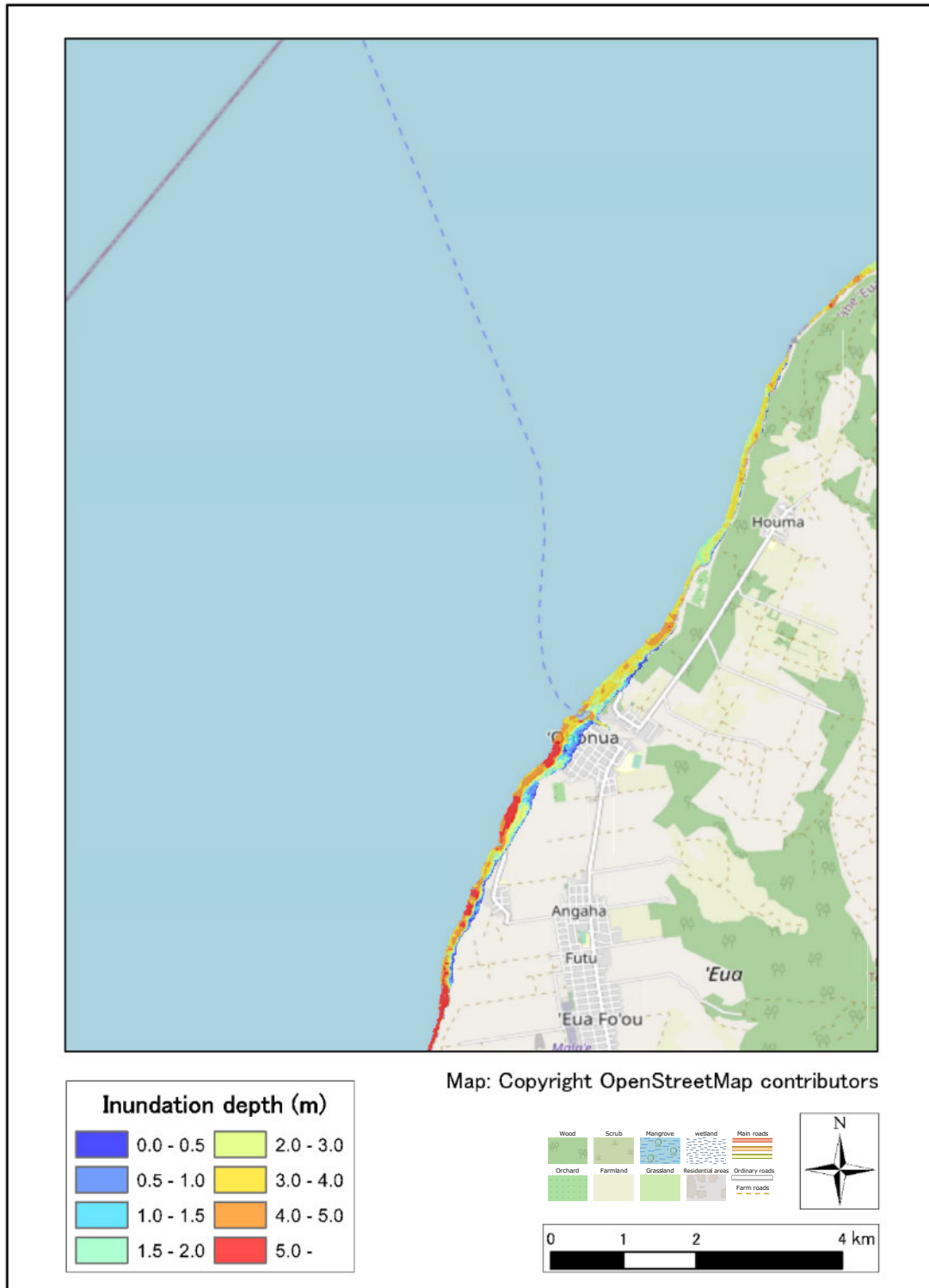
CASE: Volc5-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.128 最大浸水深分布図 (Unamed2, H=30m)

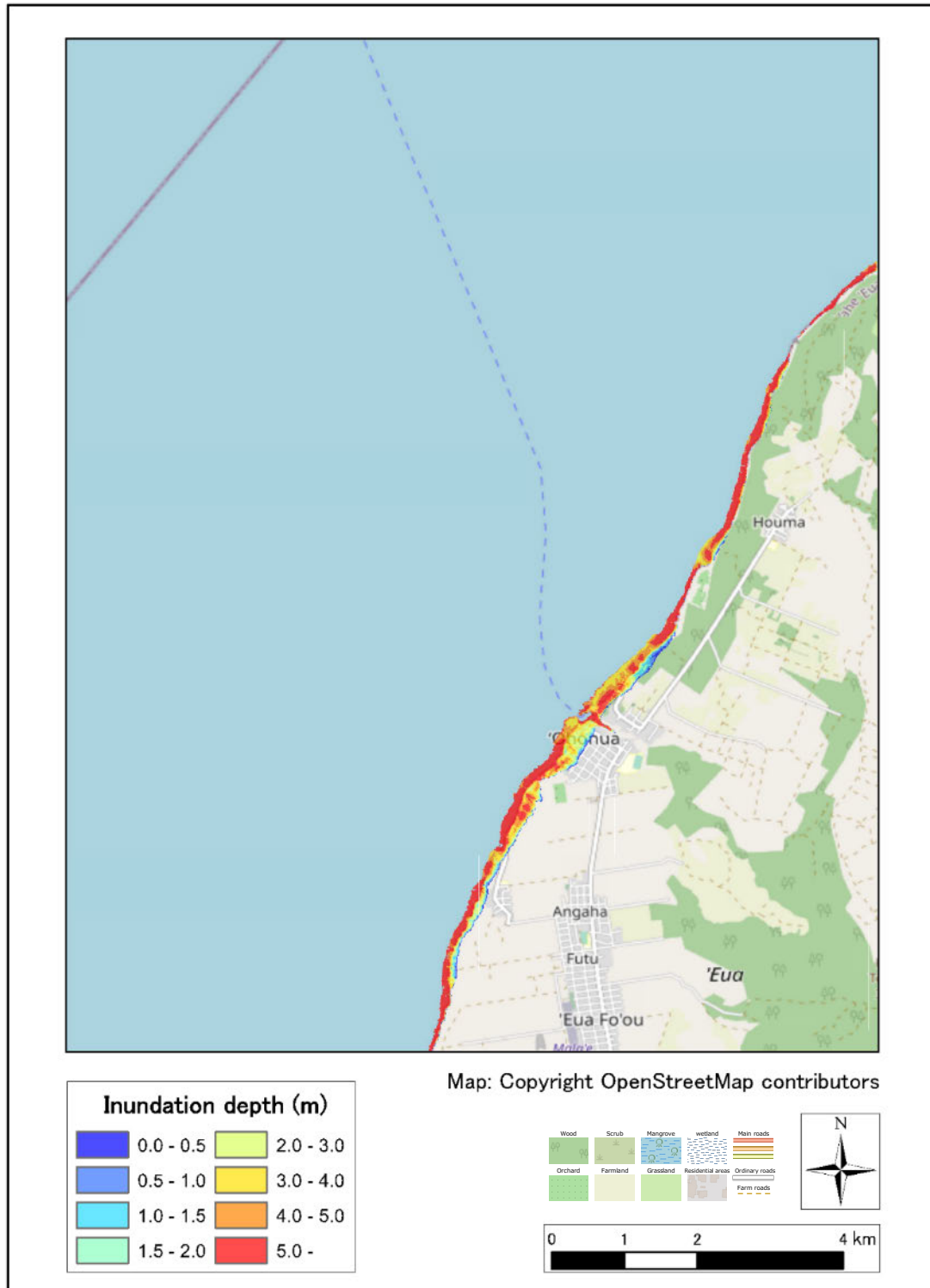
CASE: Volc6-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.129 最大浸水深分布図 (Unamed3, H=30m)

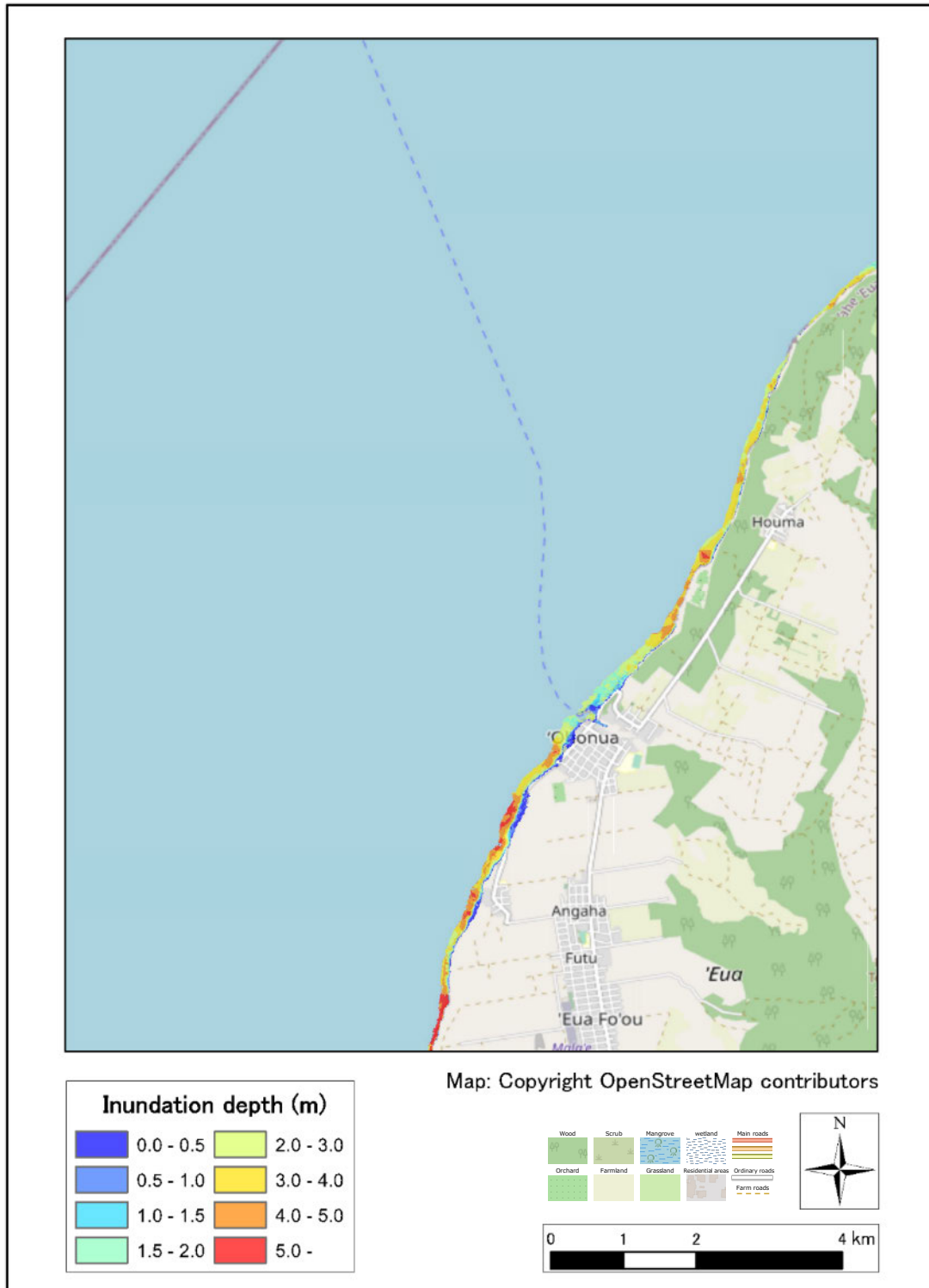
CASE: Volc7-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.130 最大浸水深分布図 (Unnamed4, H=30m)

CASE: Volc0-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.131 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)

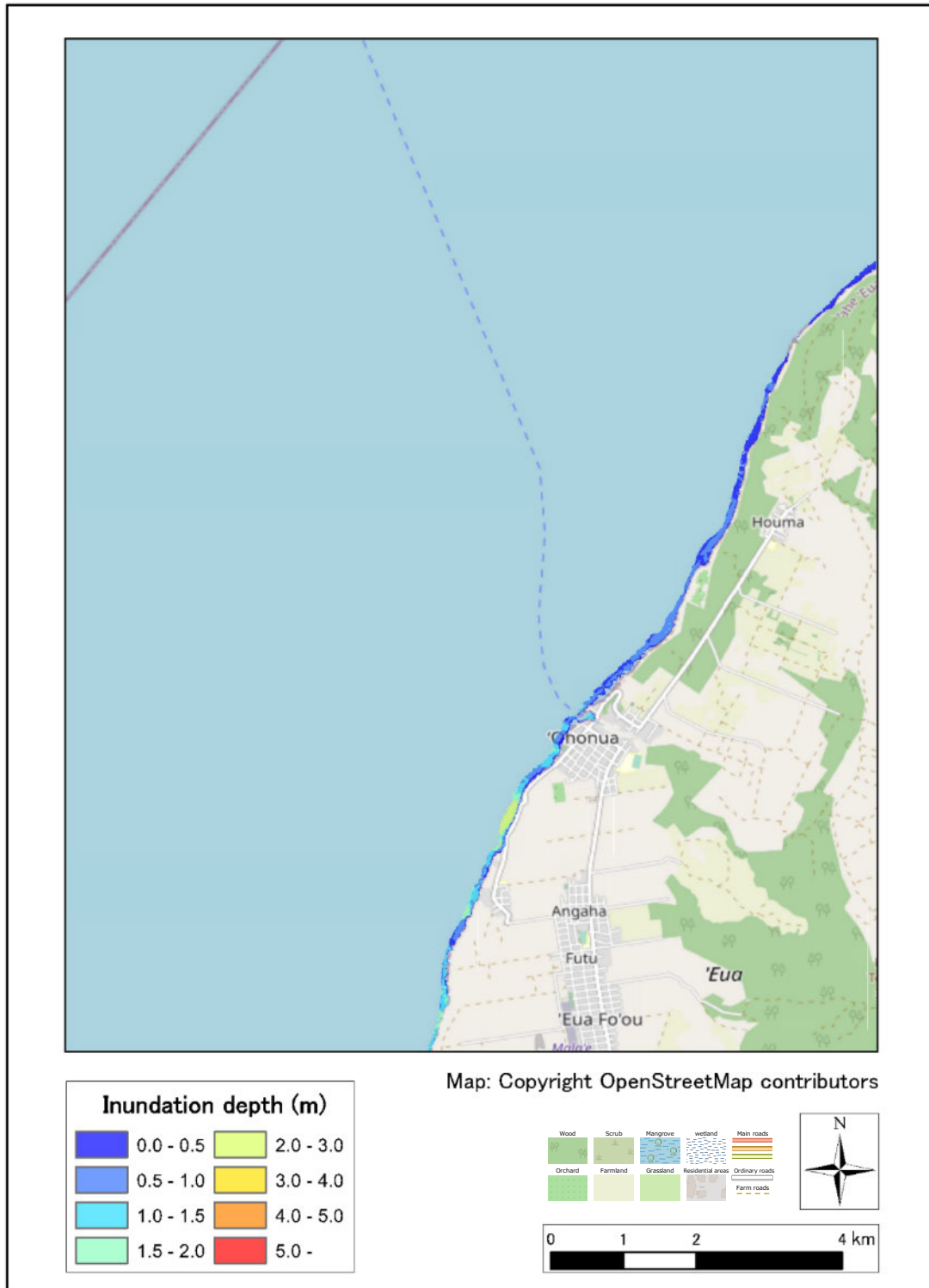
CASE: Volc1-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.132 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=60m)

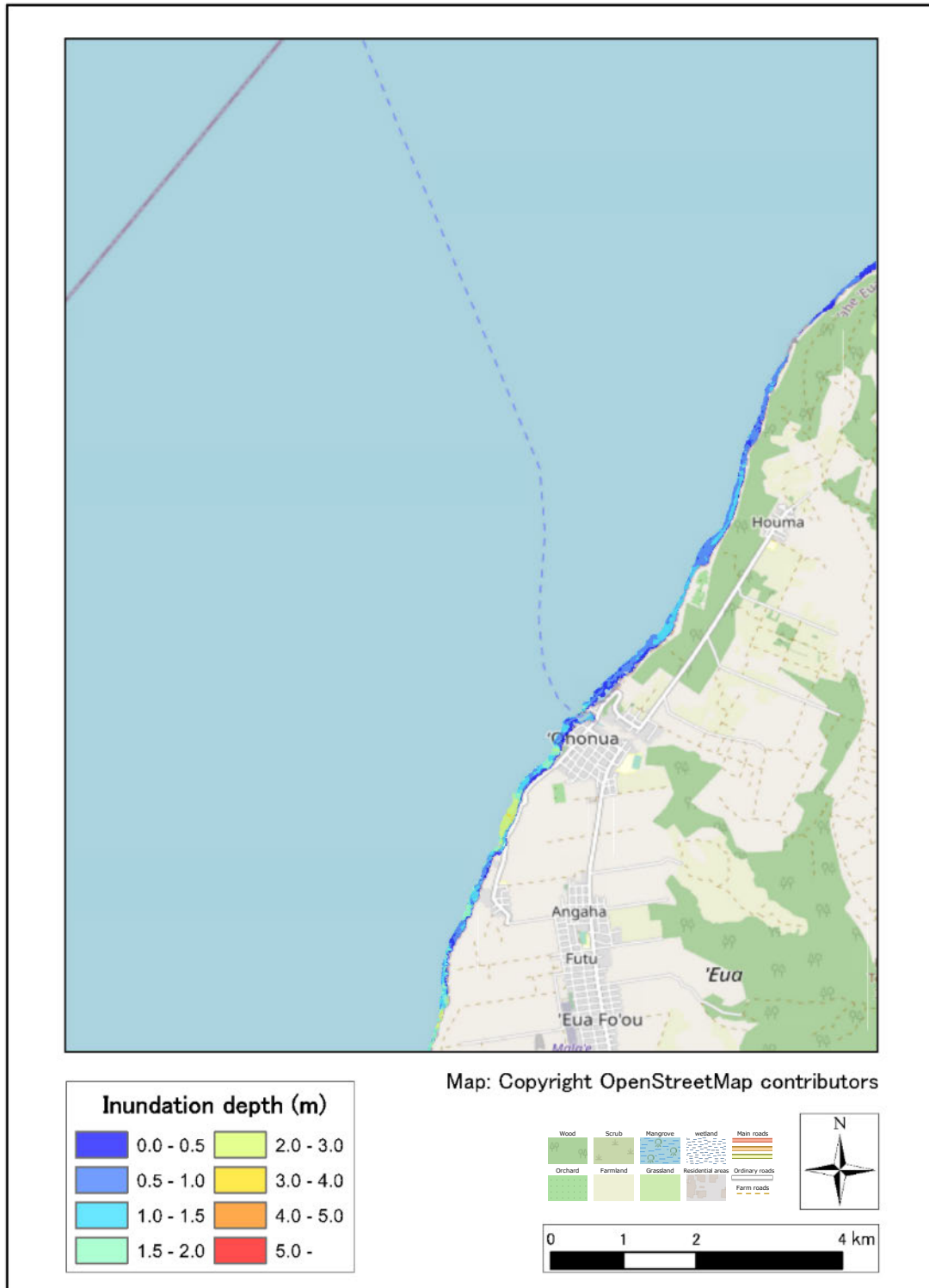
CASE: Volc2-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.133 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=60m)

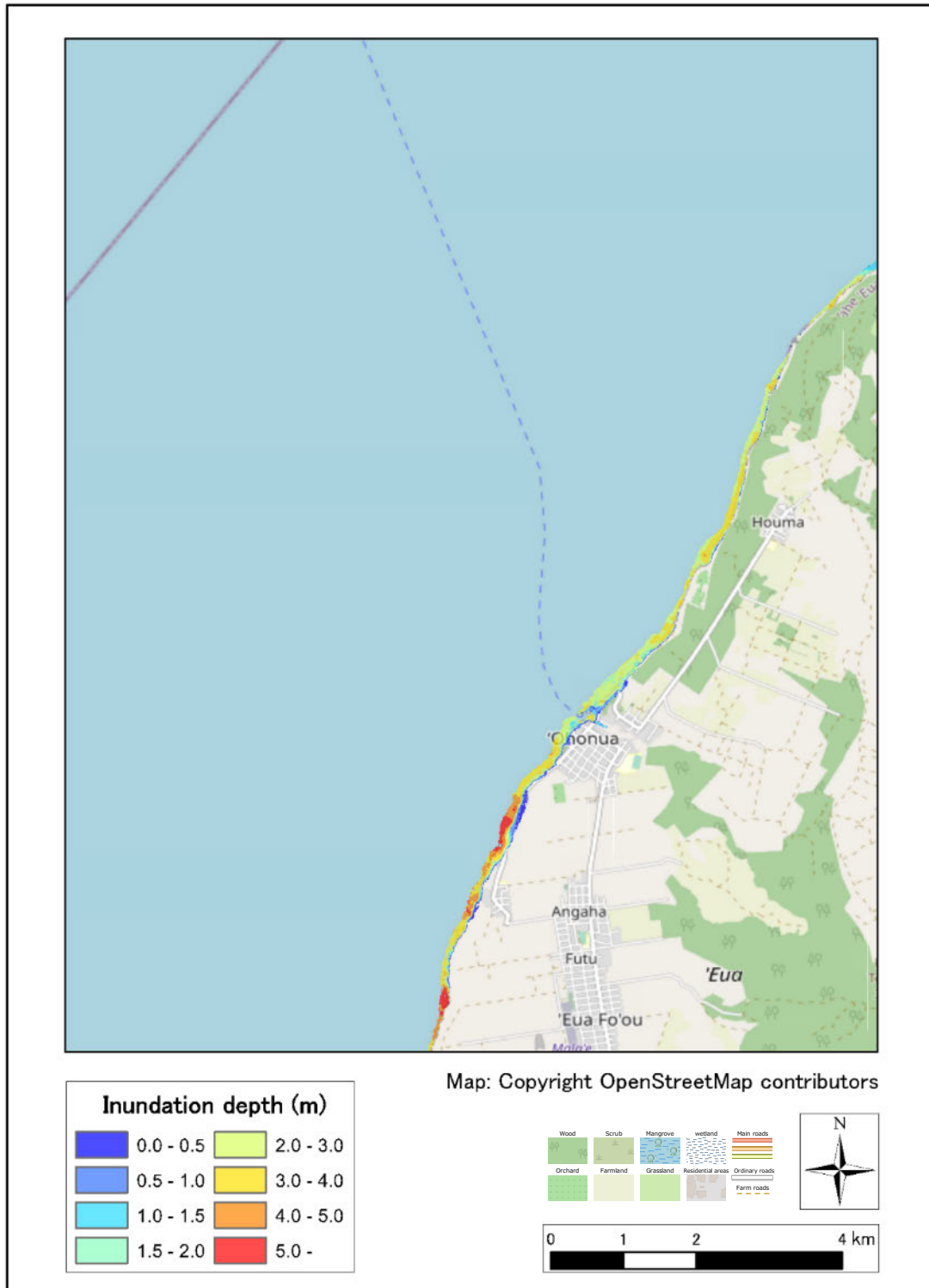
CASE: Volc3-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.134 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=60m)

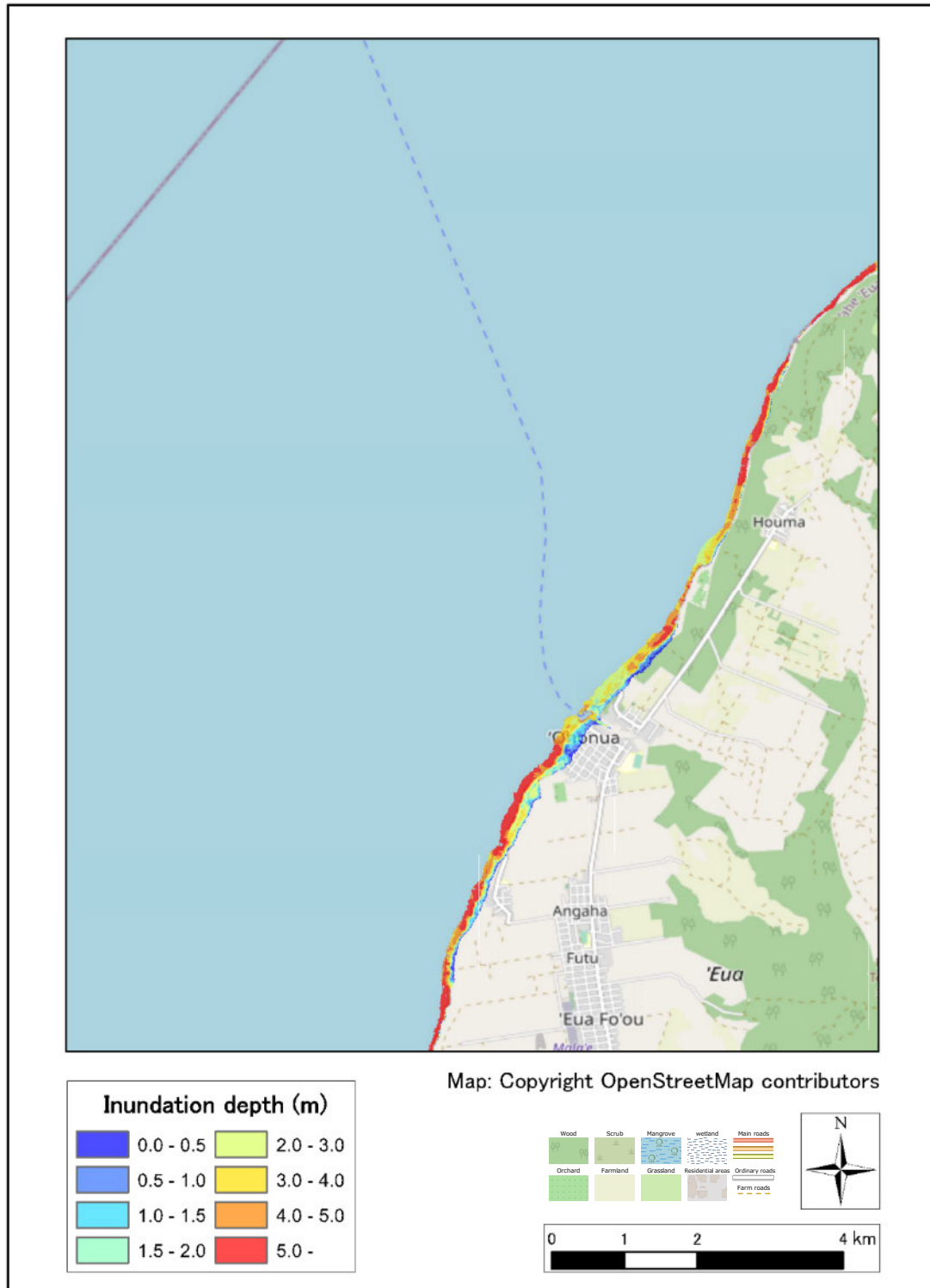
CASE: Volc4-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.135 最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)

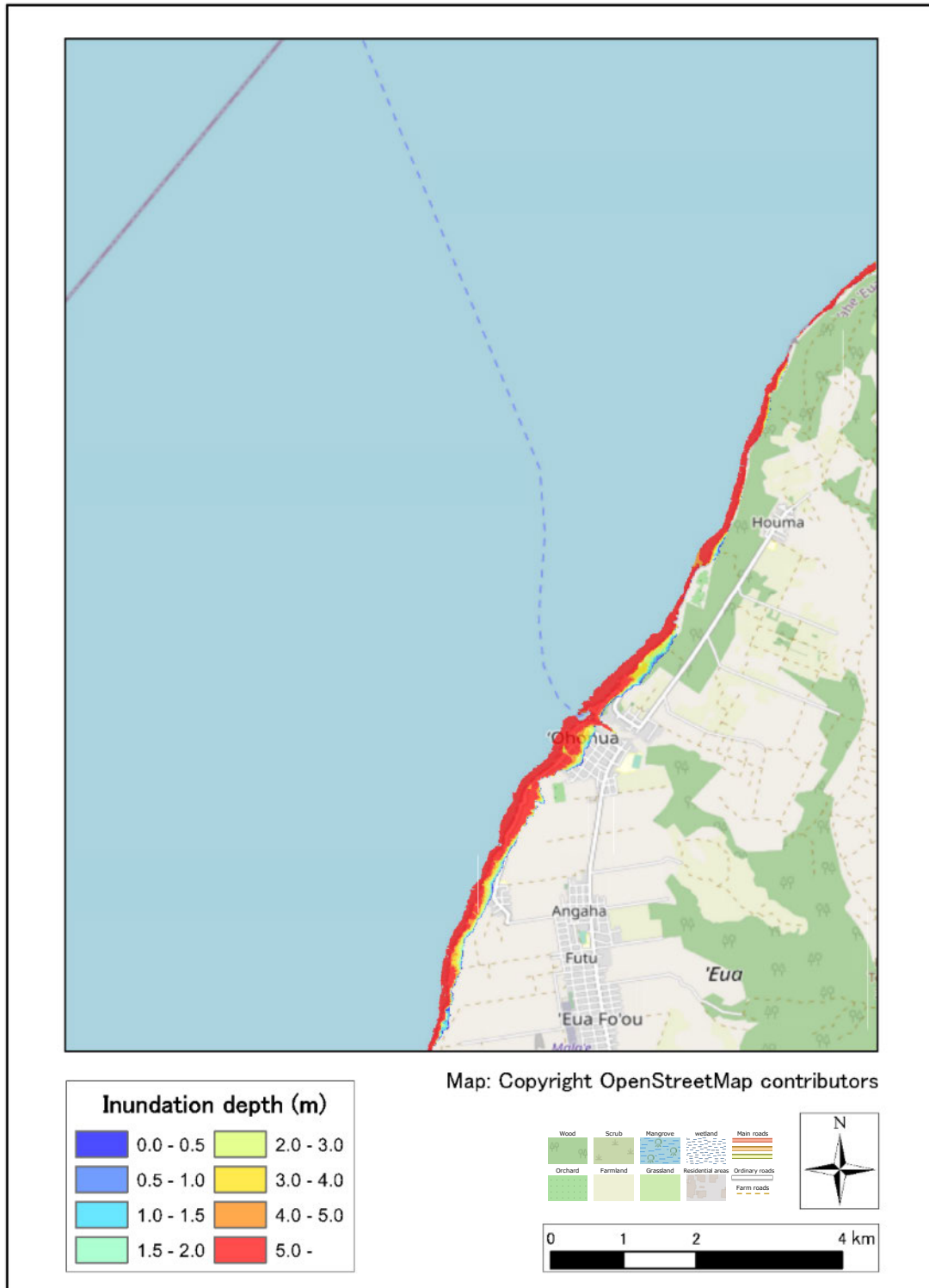
CASE: Volc5-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.136 最大浸水深分布図 (Unamed2, H=60m)

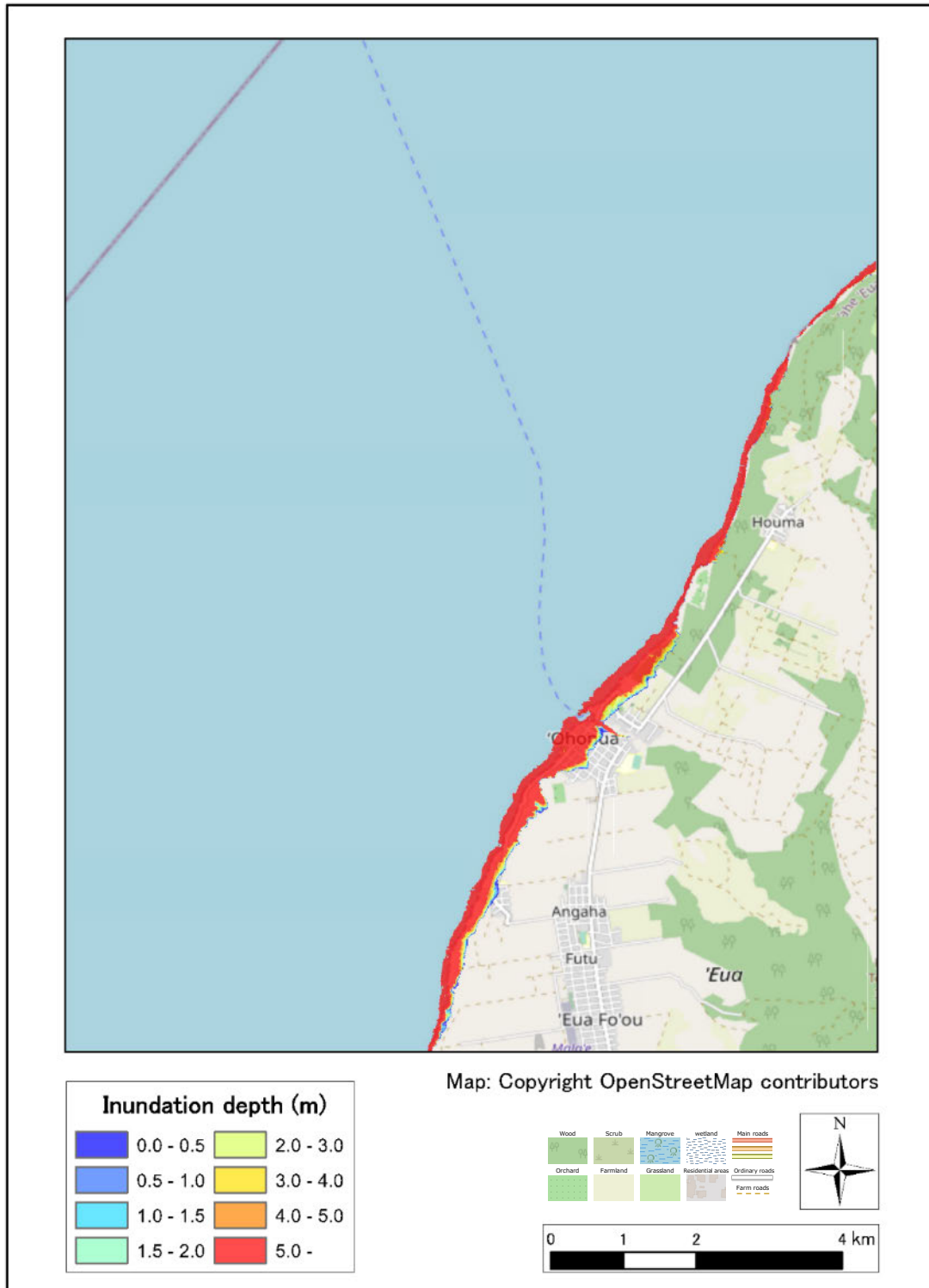
CASE: Volc6-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.137 最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=60m)

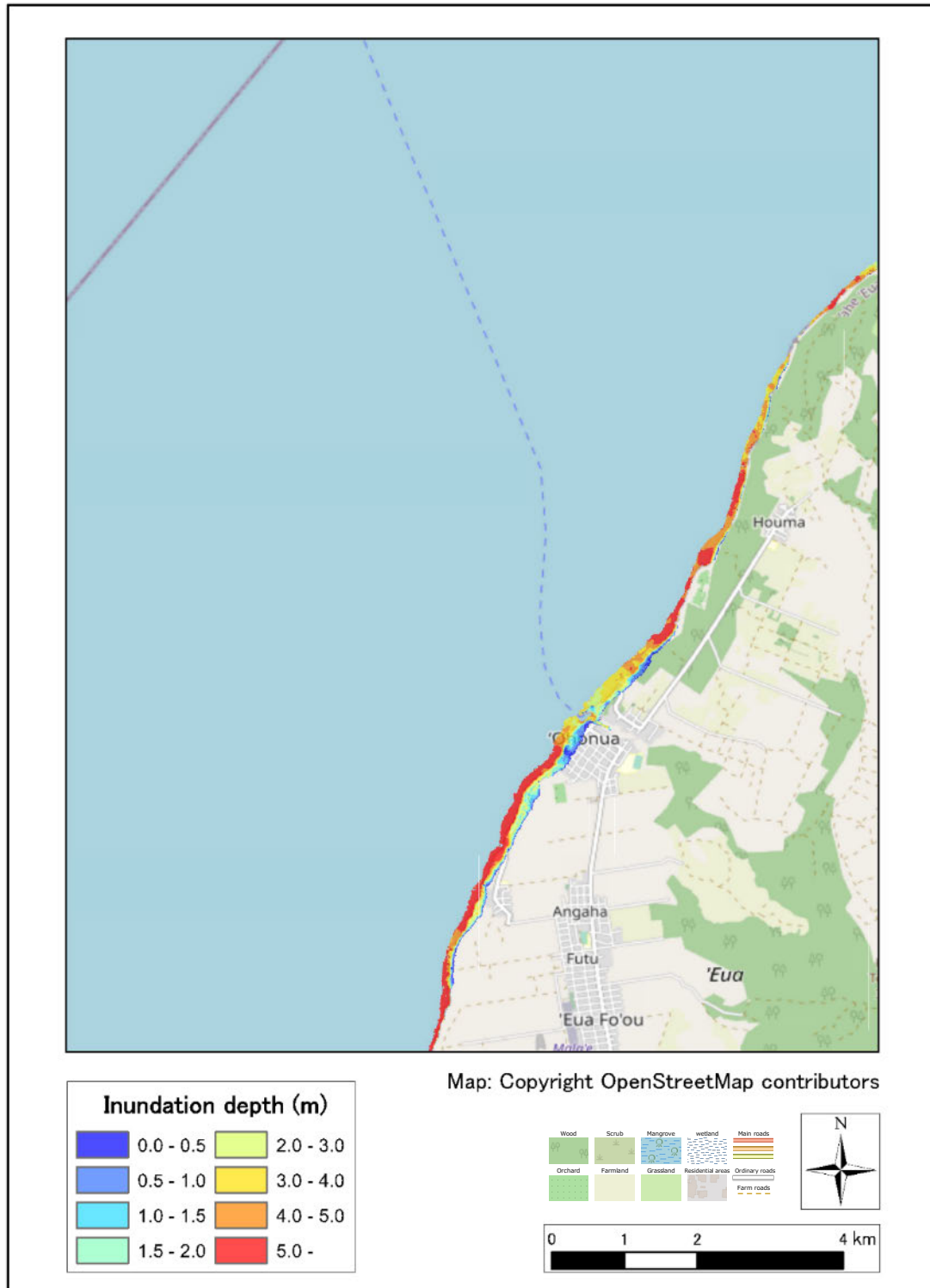
CASE: Volc7-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.138 最大浸水深分布図 (Unamed4, H=30m)

CASE: Volc0-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.139 最大浸水深分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

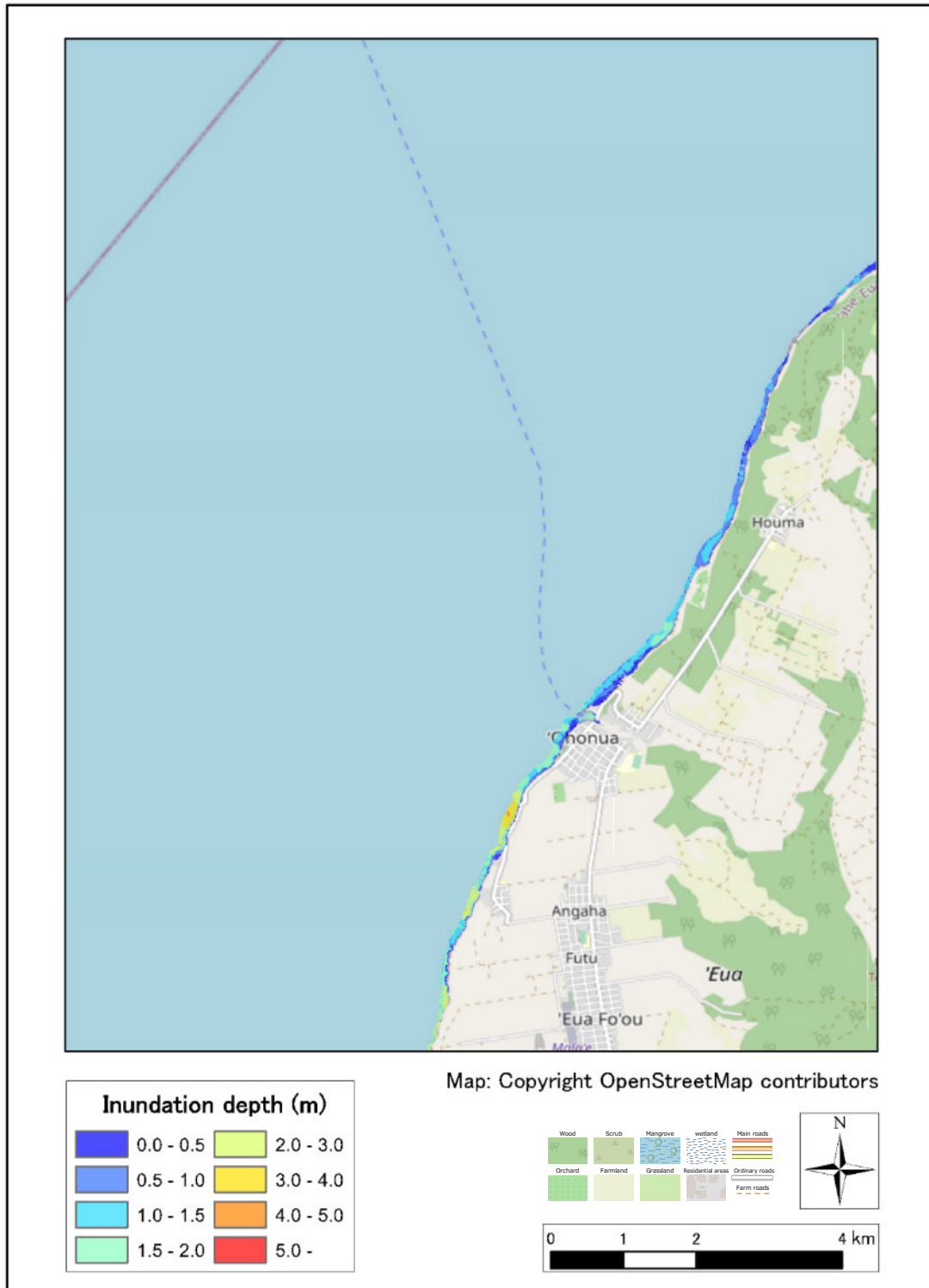
CASE: Volc1-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.140 最大浸水深分布図 (Unnamed1, H=90m)

CASE: Volc2-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.141 最大浸水深分布図 (HomeReef, H=90m)

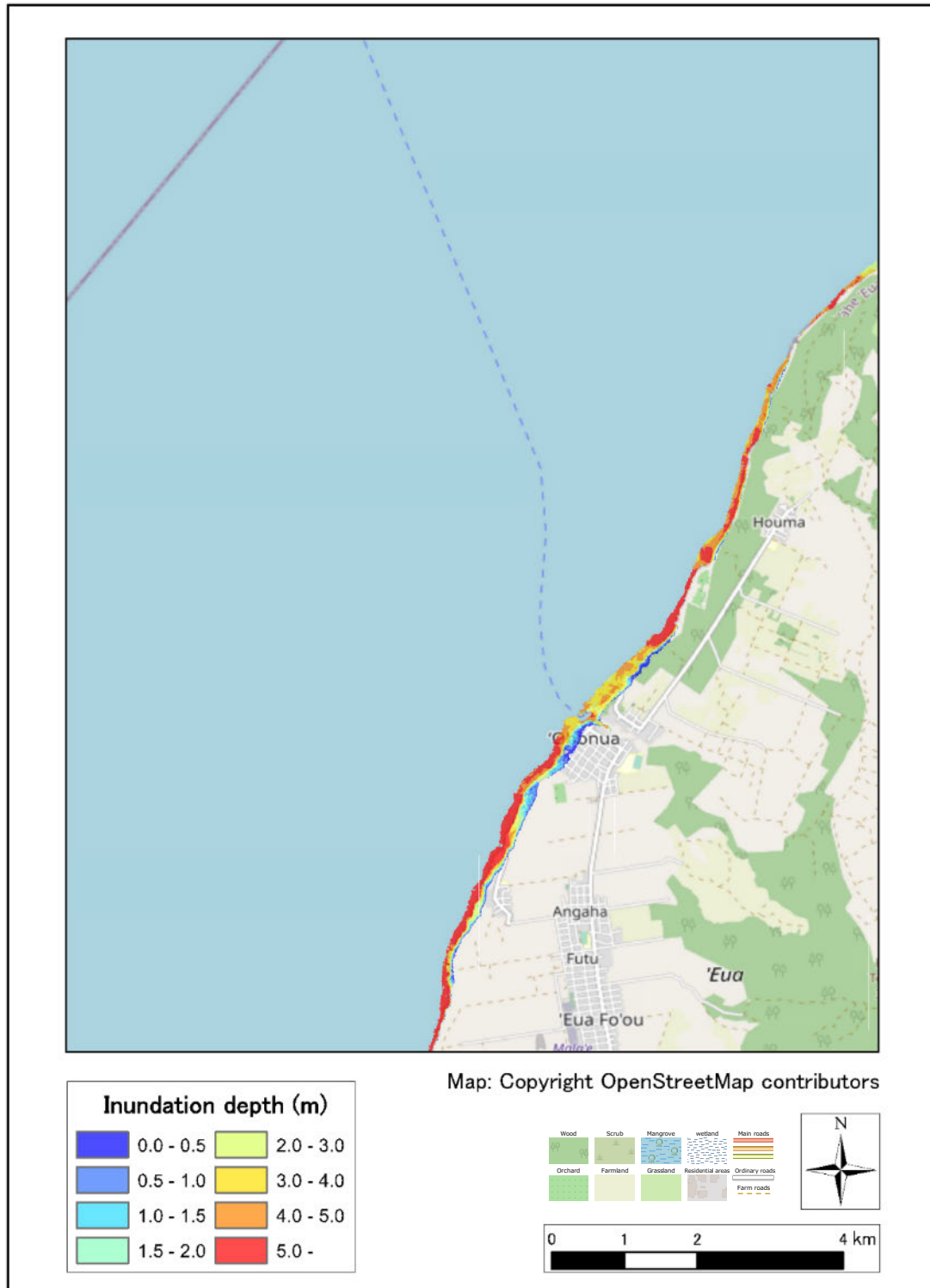
CASE: Volc3-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.142 最大浸水深分布図 (Lateiki, H=90m)

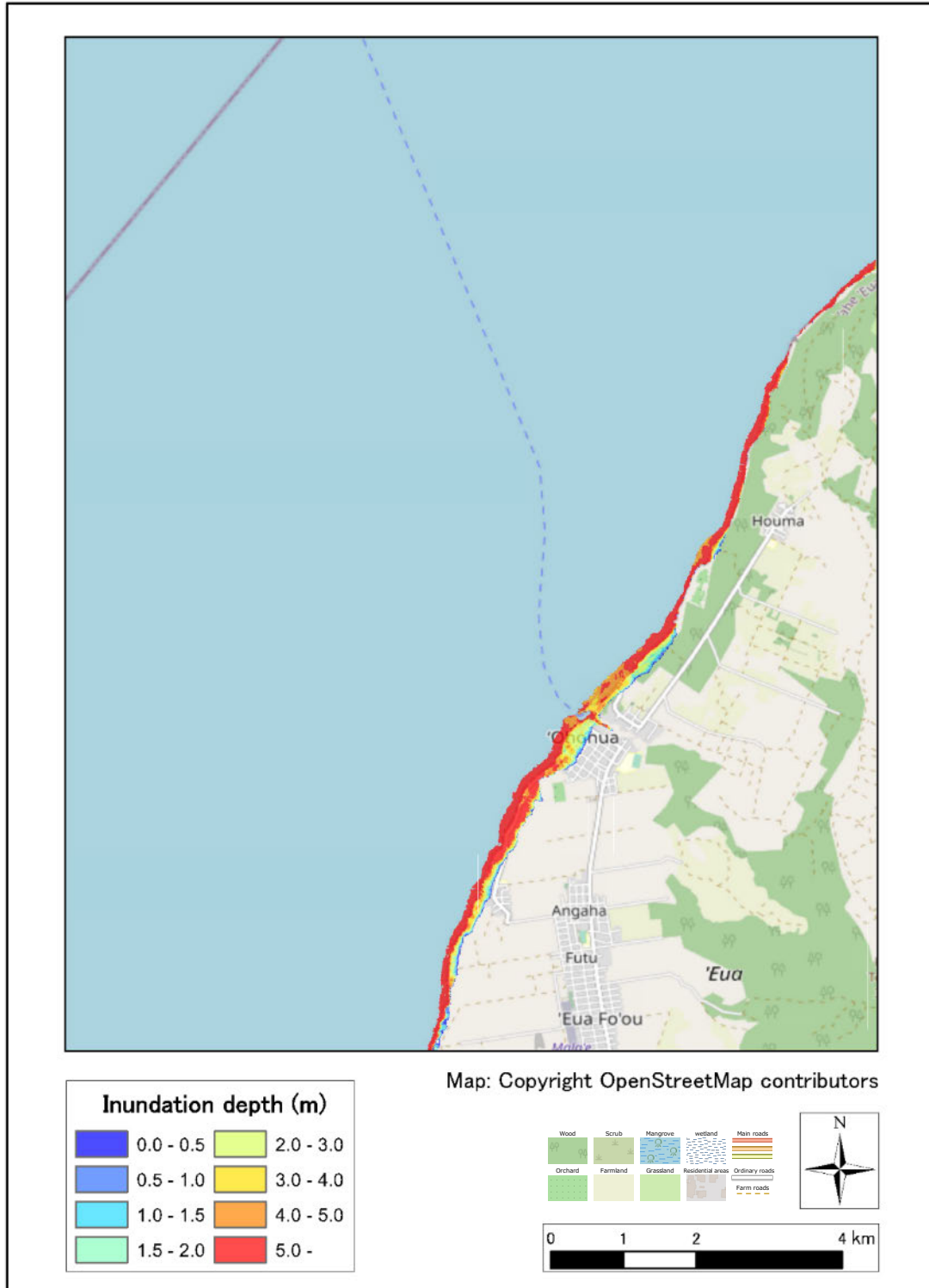
CASE: Volc4-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.143 最大浸水深分布図 (Fonuafo'ou, H=90m)

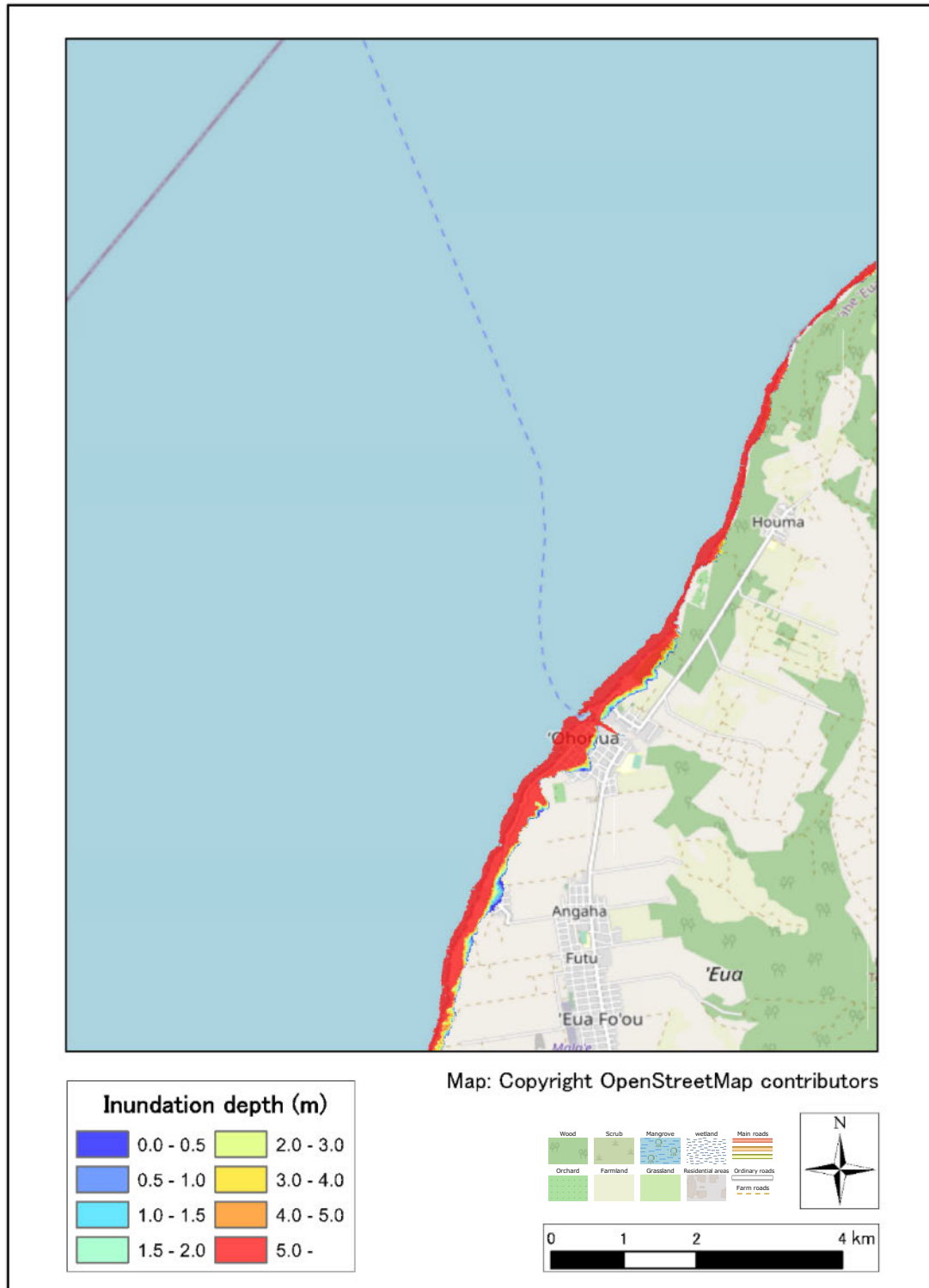
CASE: Volc5-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.144 最大浸水深分布図 (Unnamed2, H=90m)

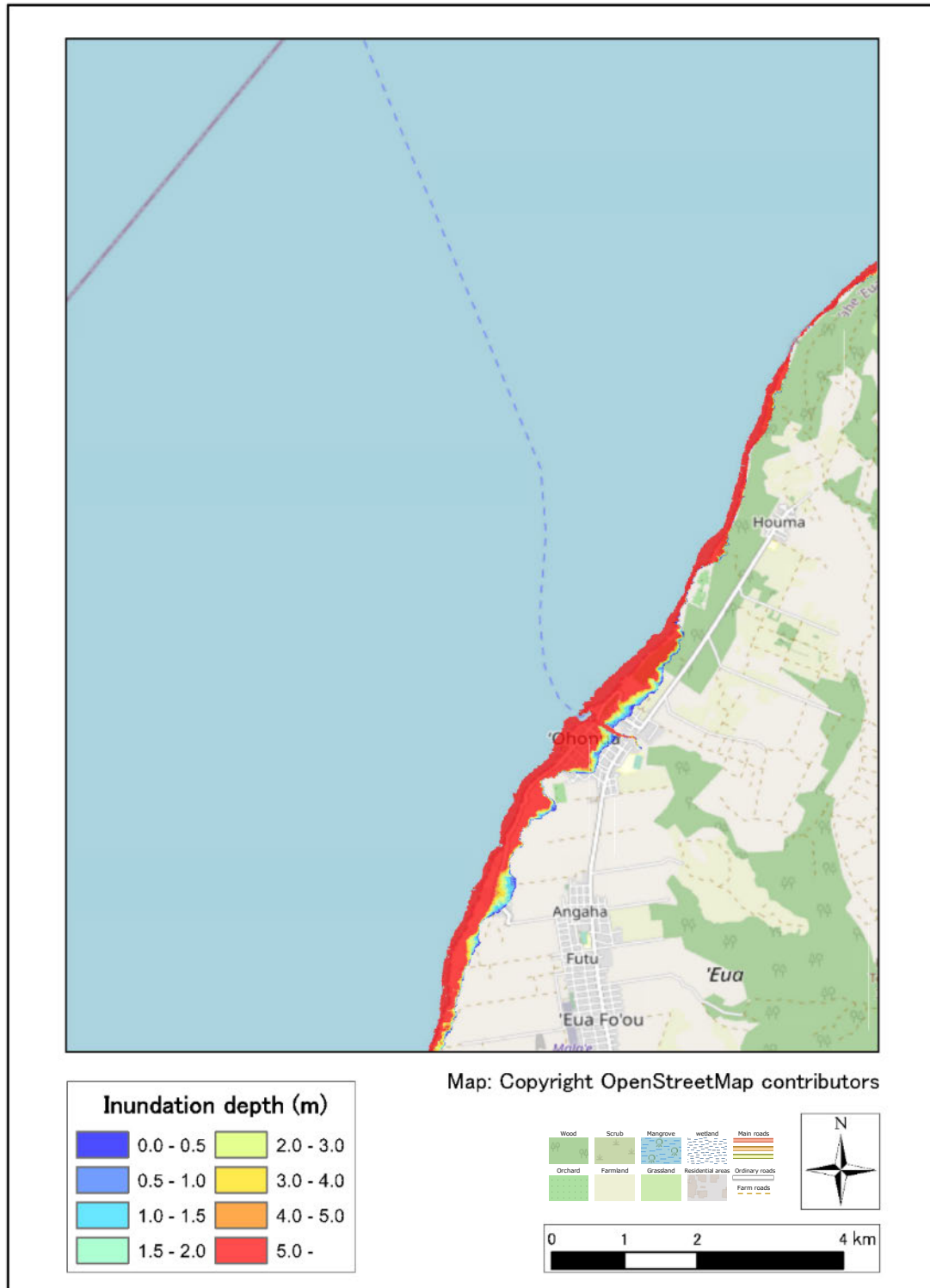
CASE: Volc6-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.145 最大浸水深分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-2

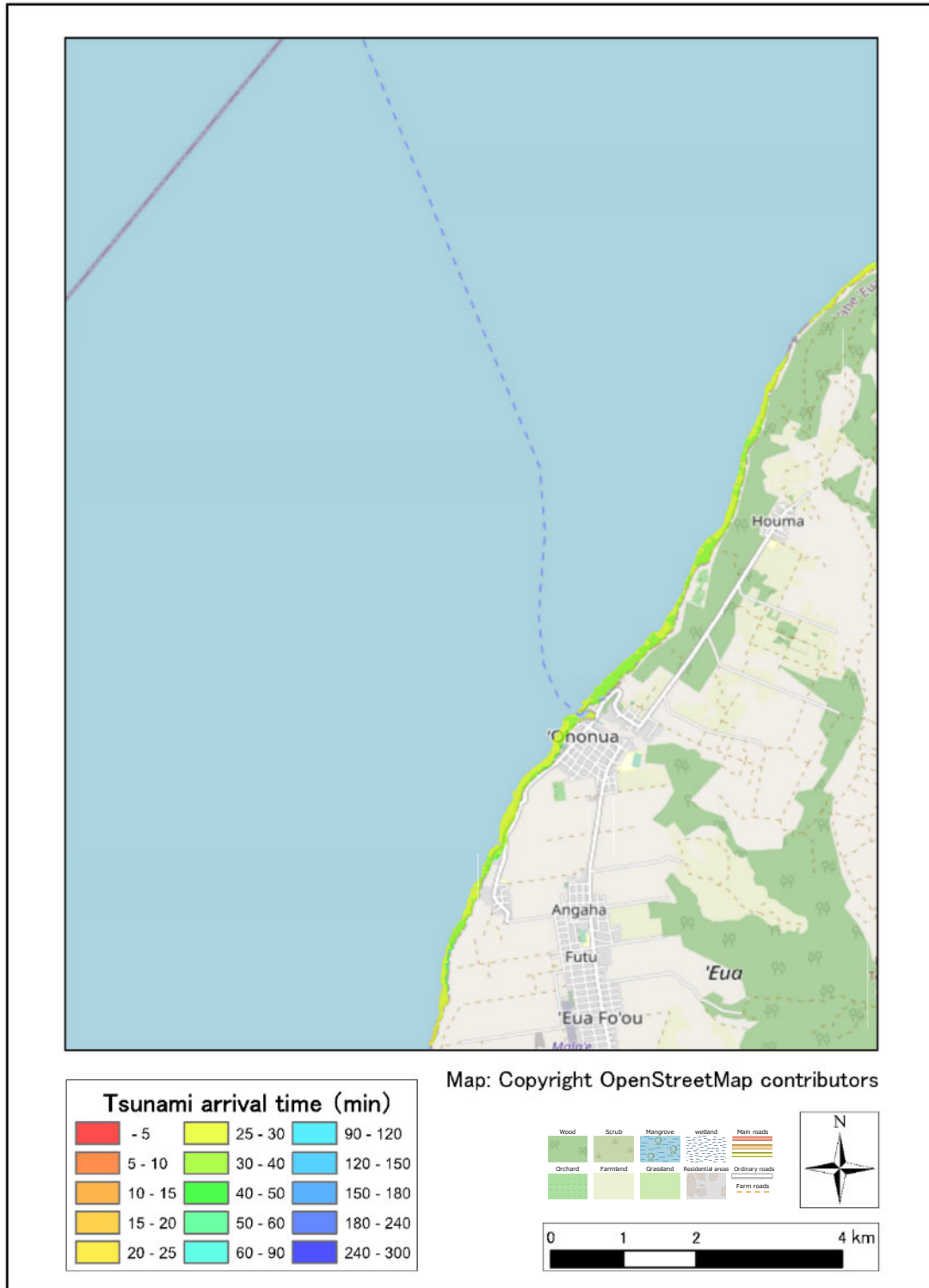


出典：JICA 調査団作成

図 2.6.146 最大浸水深分布図 (Unamed4, H=90m)

6) 津波到達時間分布図 (オホヌア、エウア島)

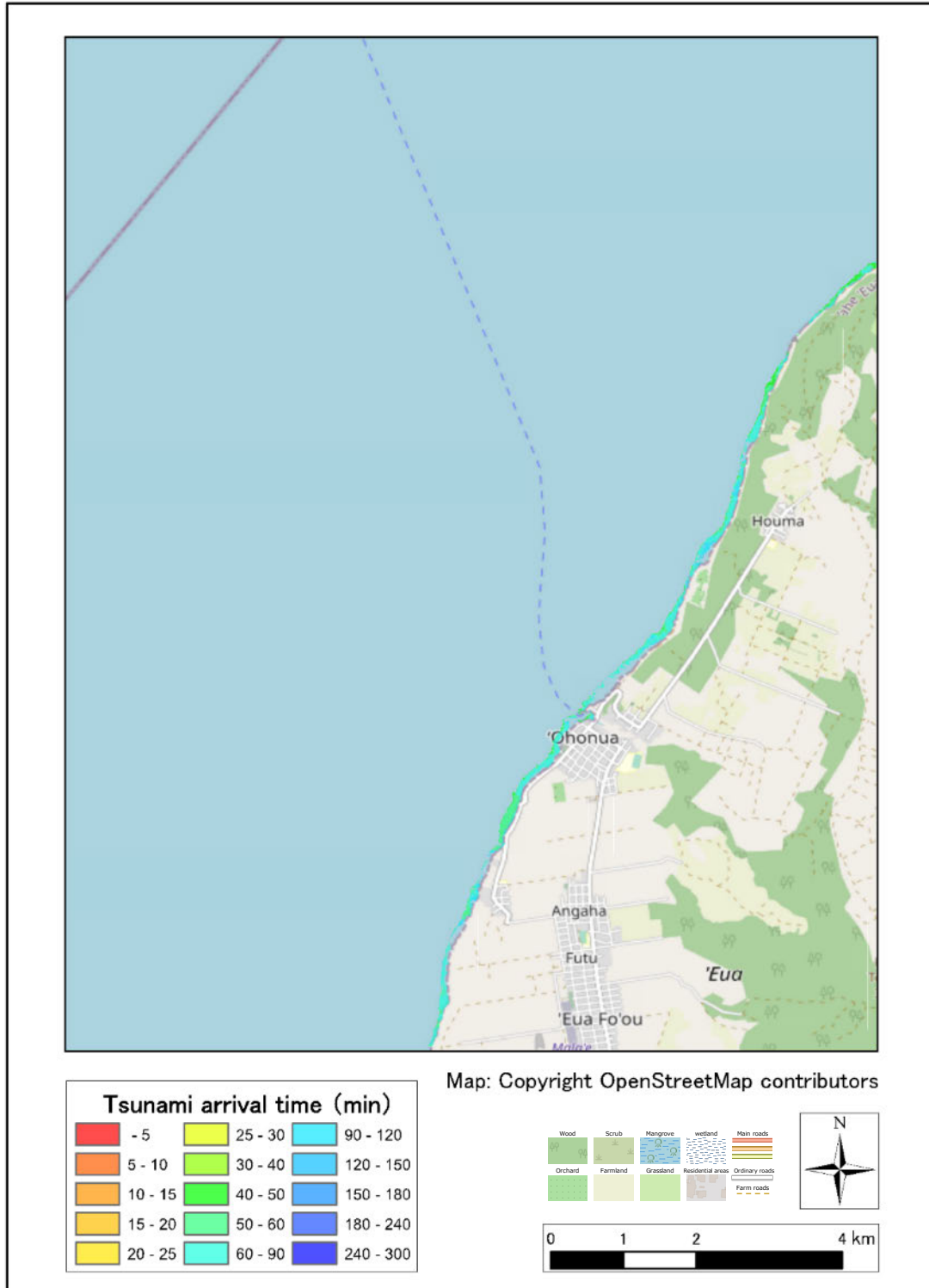
CASE: Volc0-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.147 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=30m)

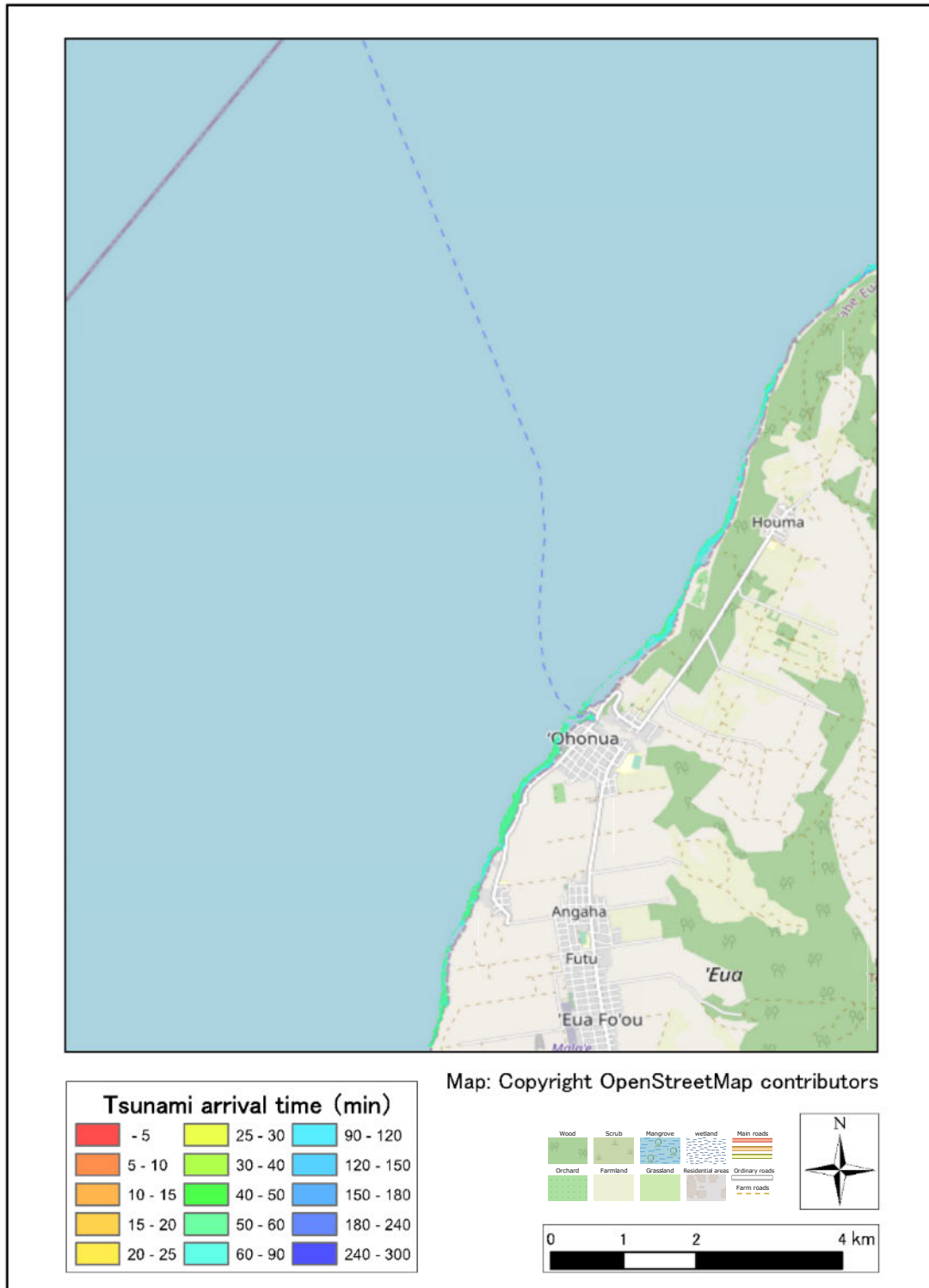
CASE: Volc1-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.148 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=30m)

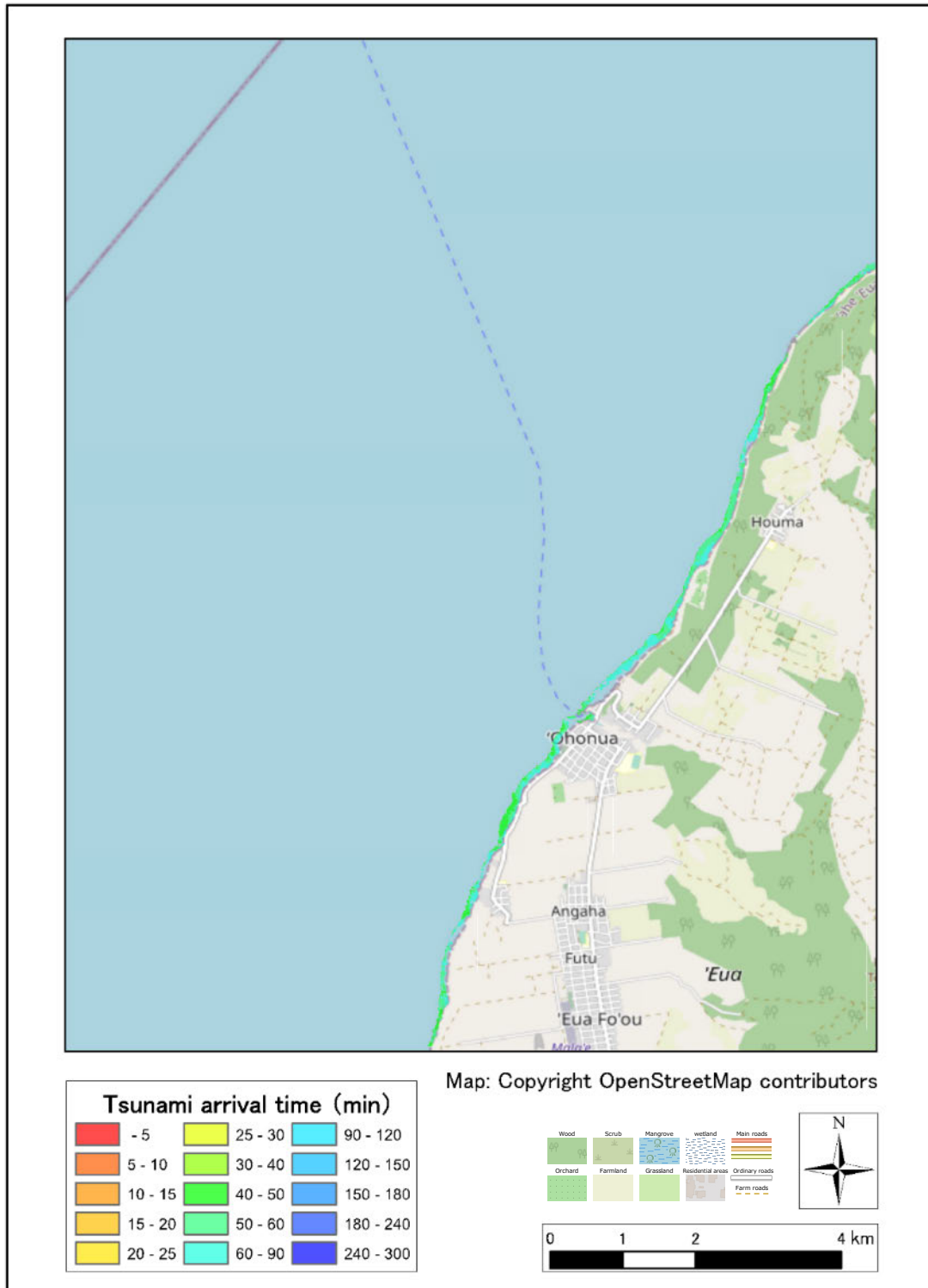
CASE: Volc2-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.149 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=30m)

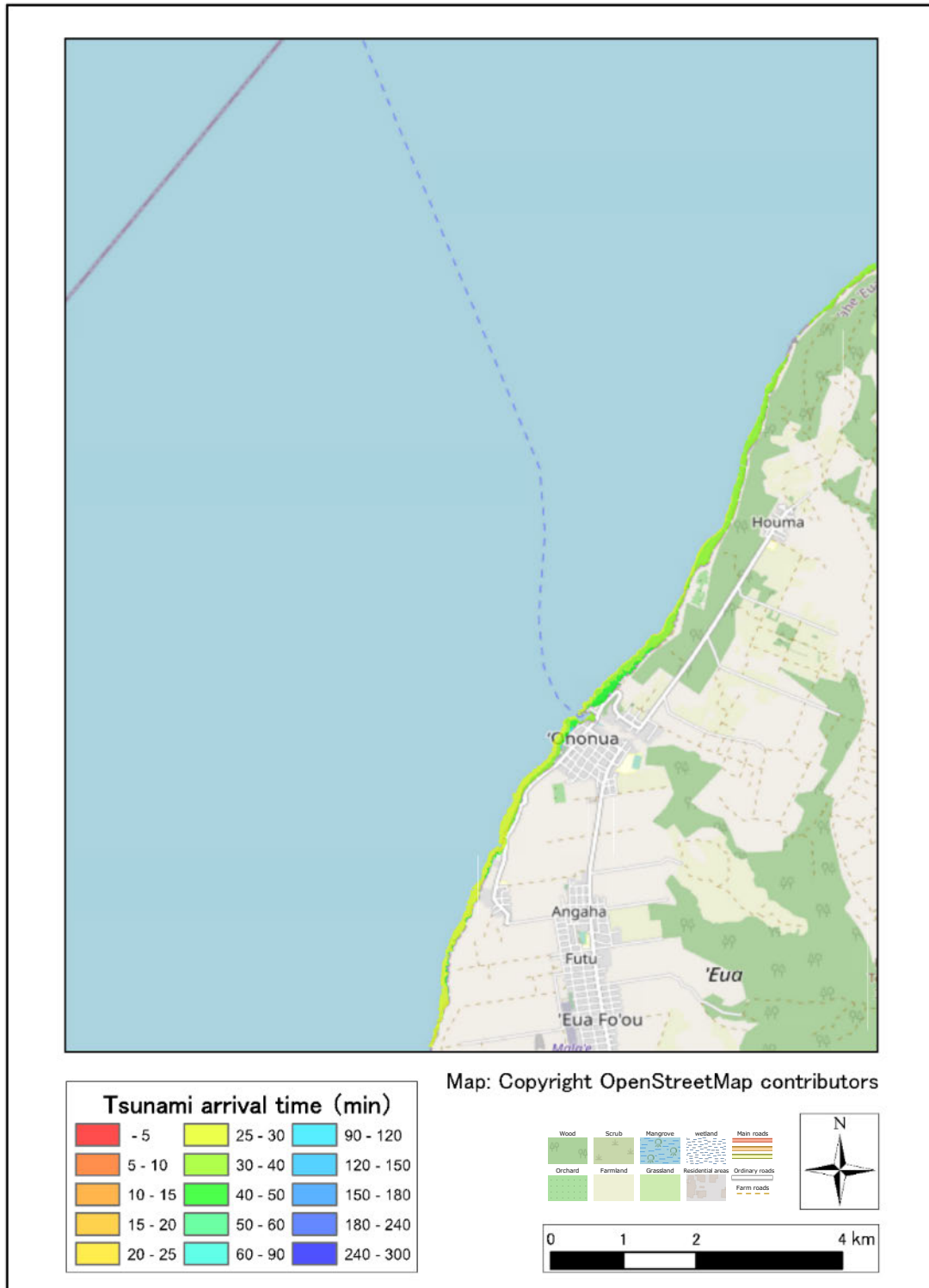
CASE: Volc3-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.150 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=30m)

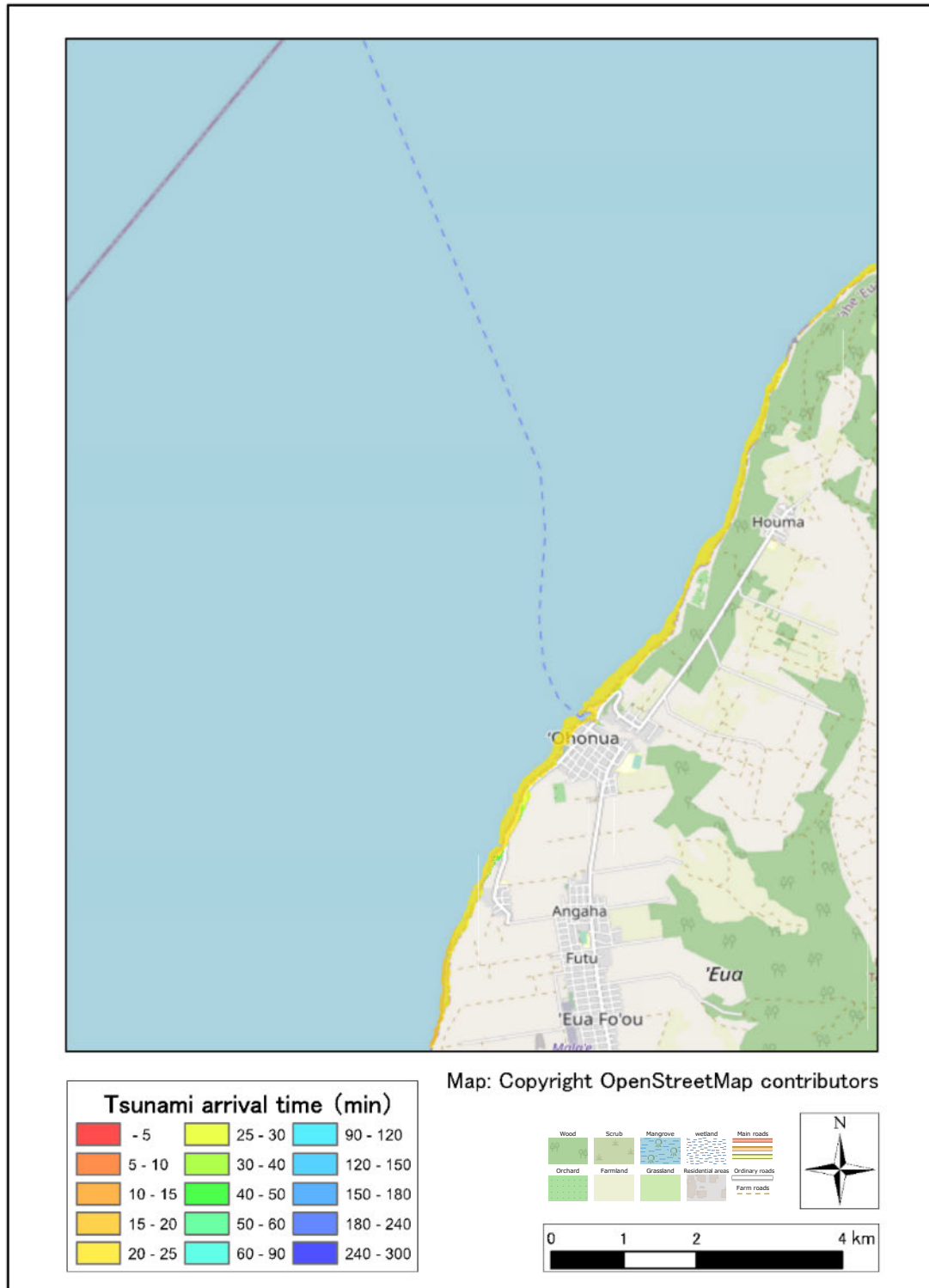
CASE: Volc4-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.151 津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou H=30m)

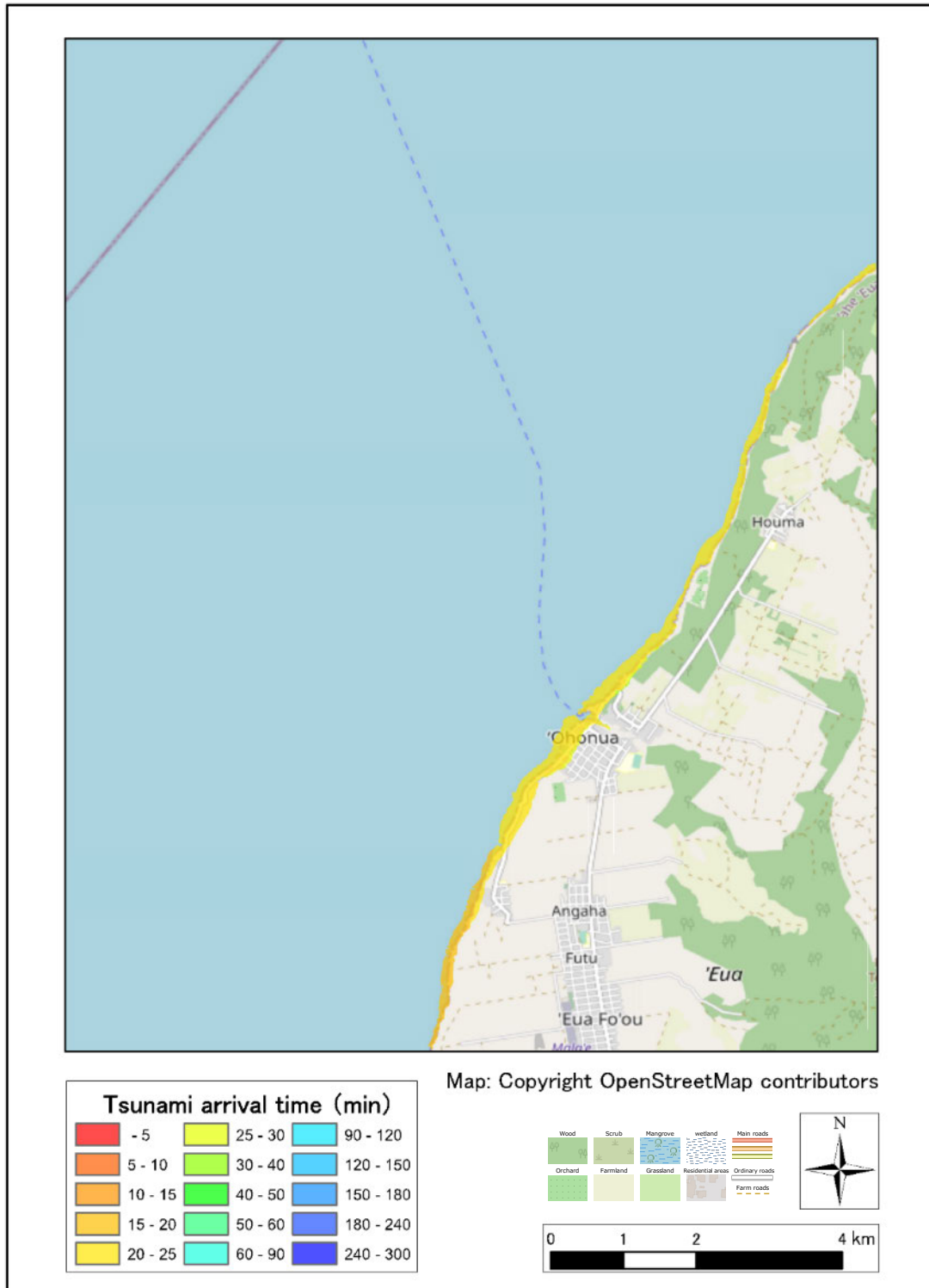
CASE: Volc5-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.152 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=30m)

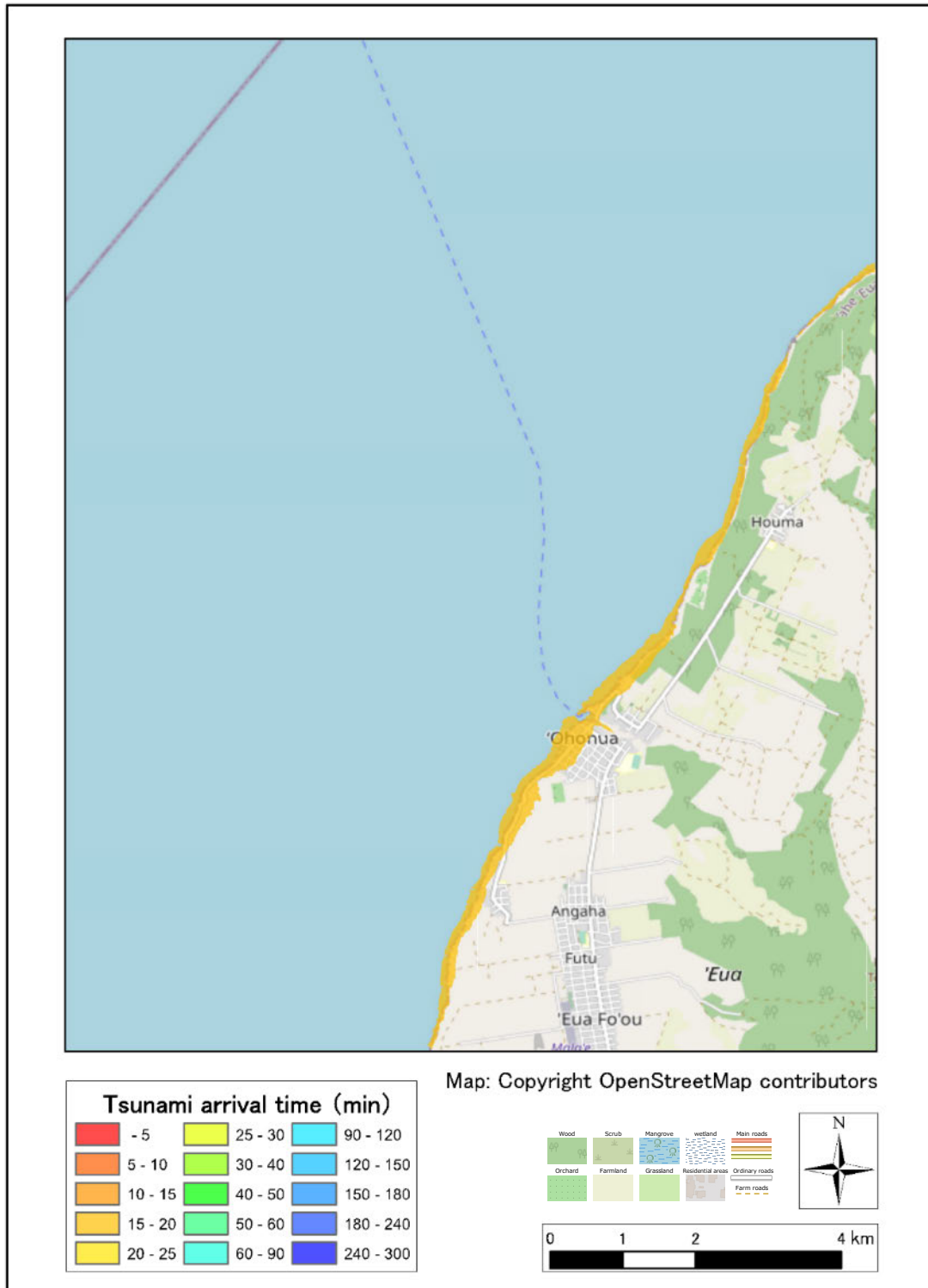
CASE: Volc6-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.153 津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=30m)

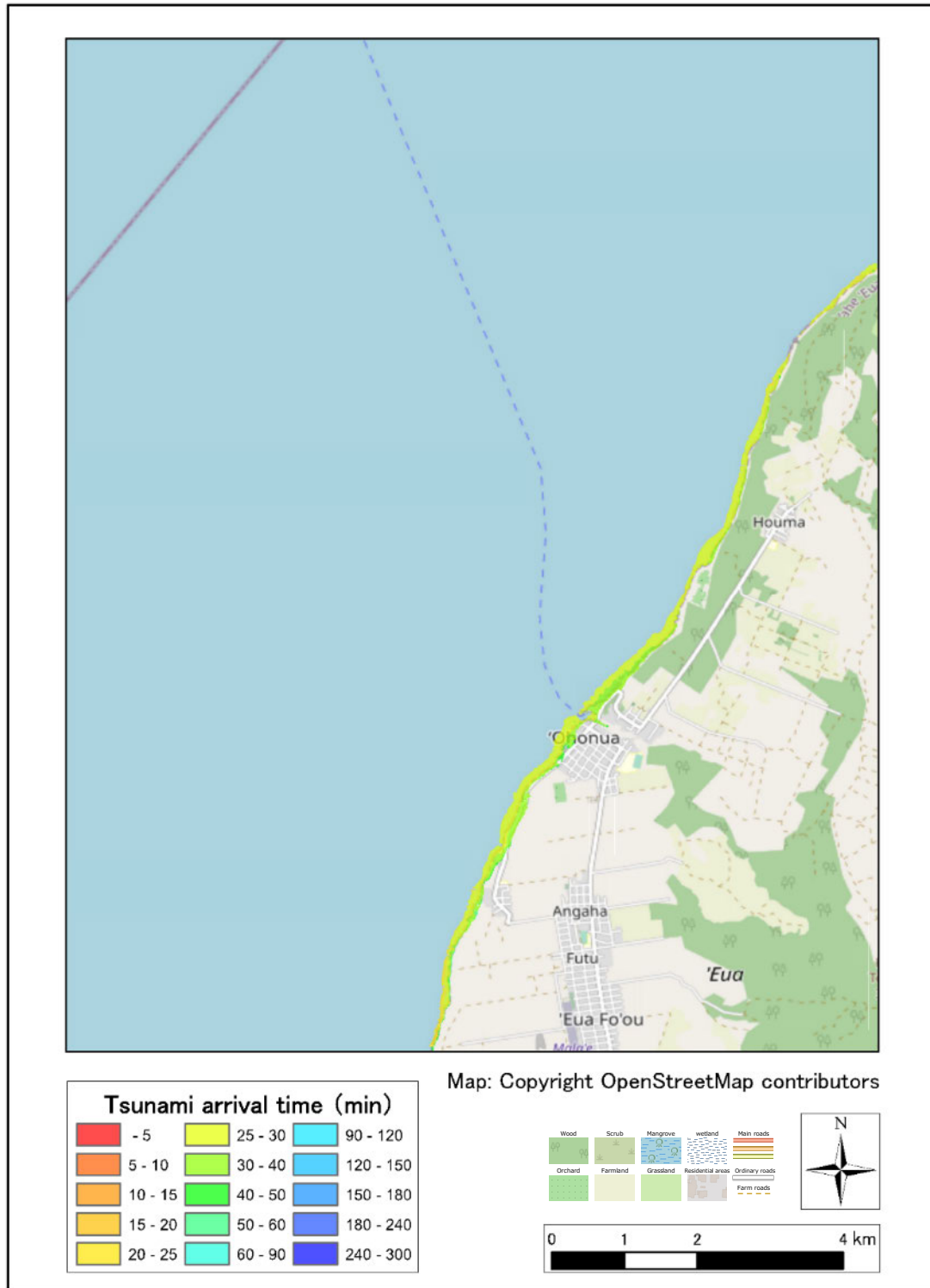
CASE: Volc7-1-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.154 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=30m)

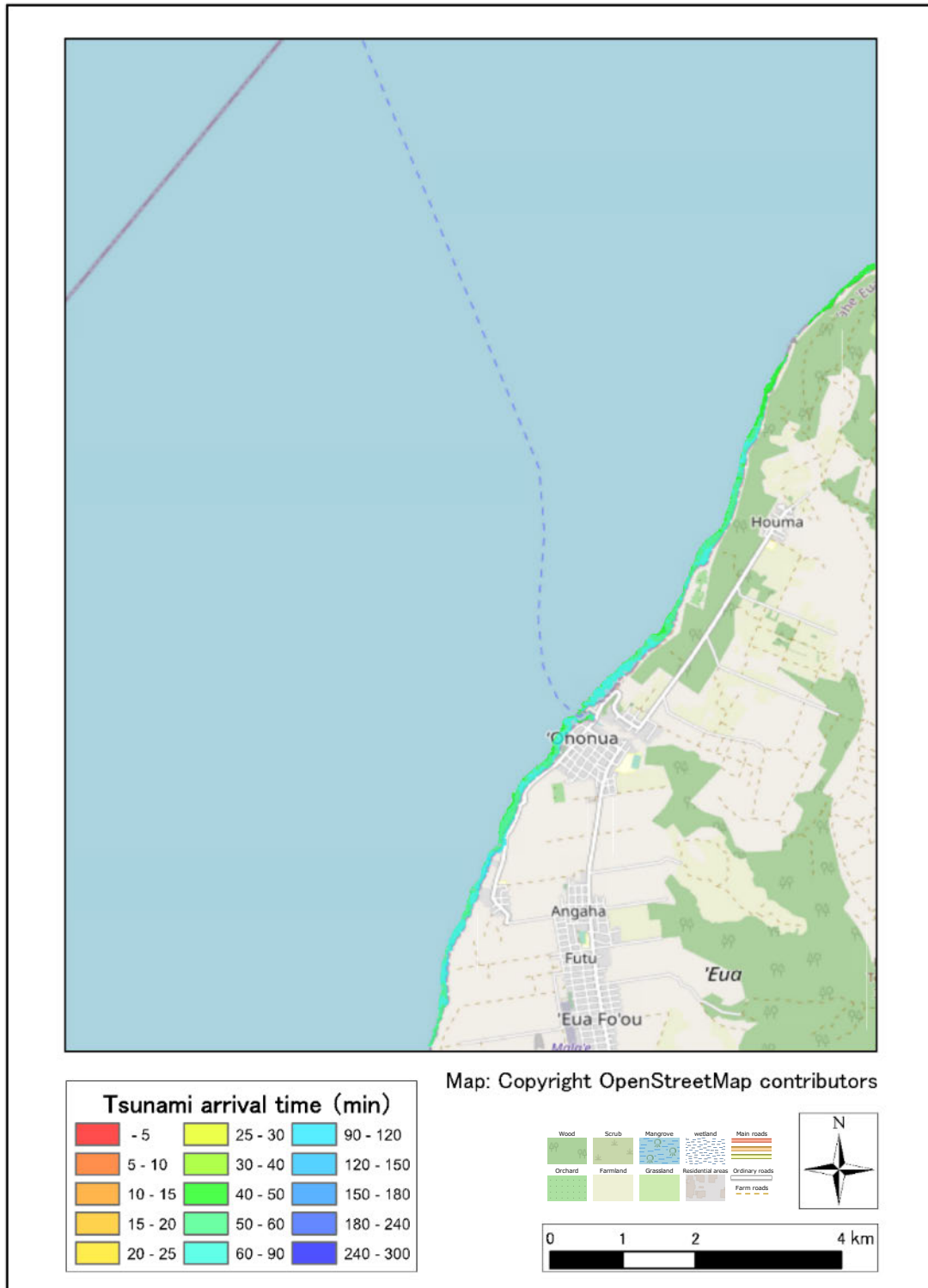
CASE: Volc0-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.155 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=60m)

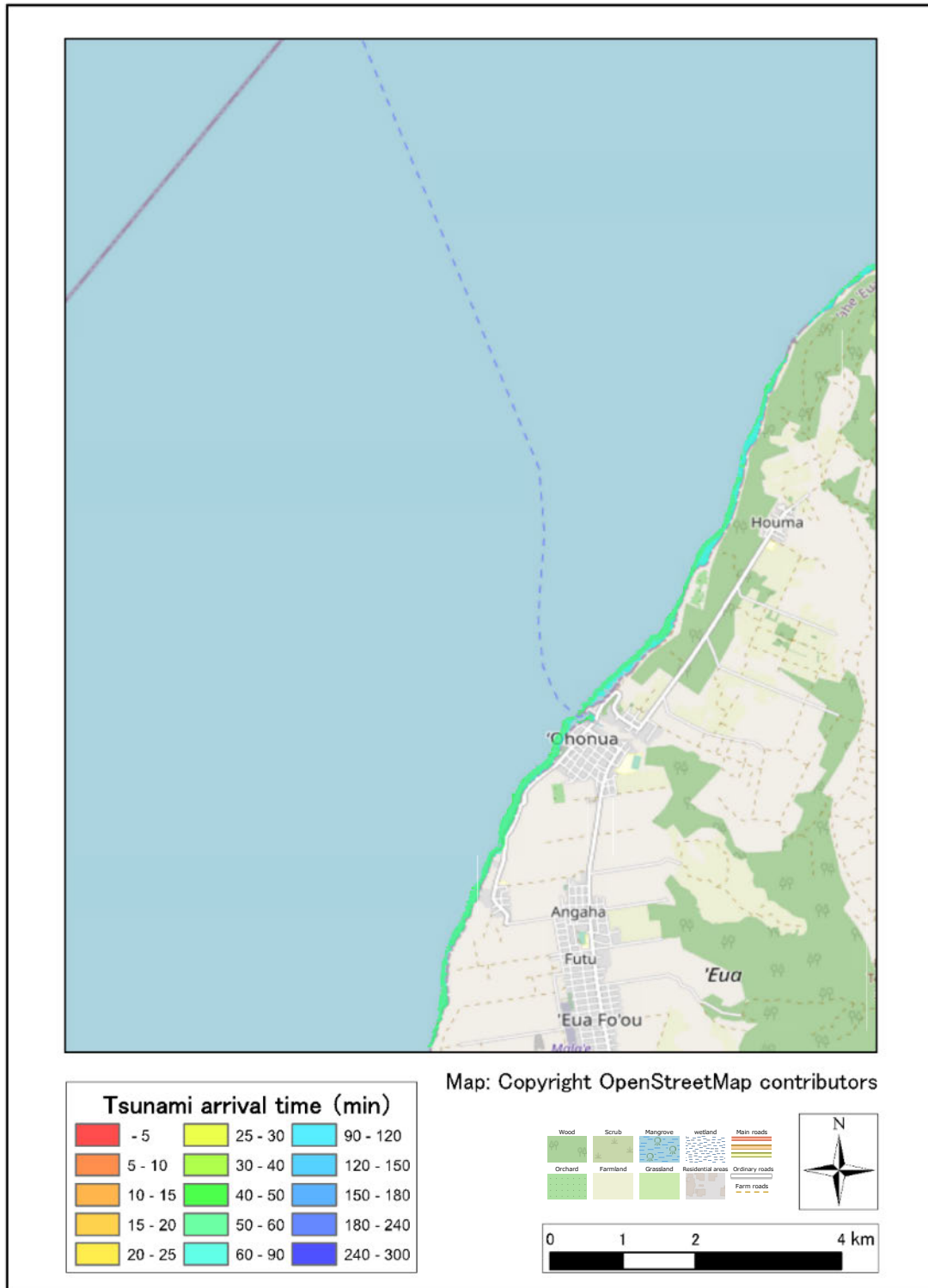
CASE: Volc1-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.156 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=60m)

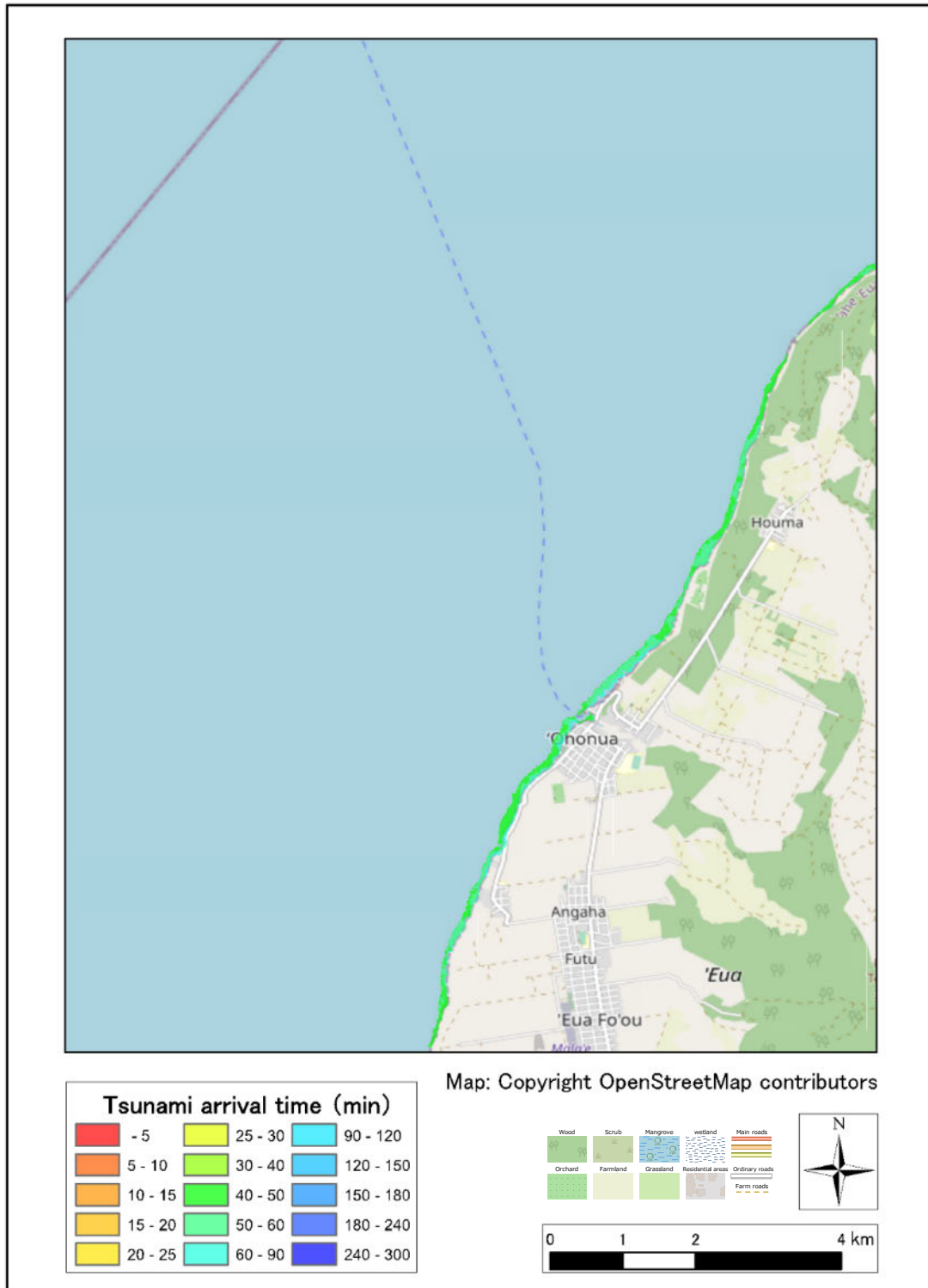
CASE: Volc2-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.157 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=60m)

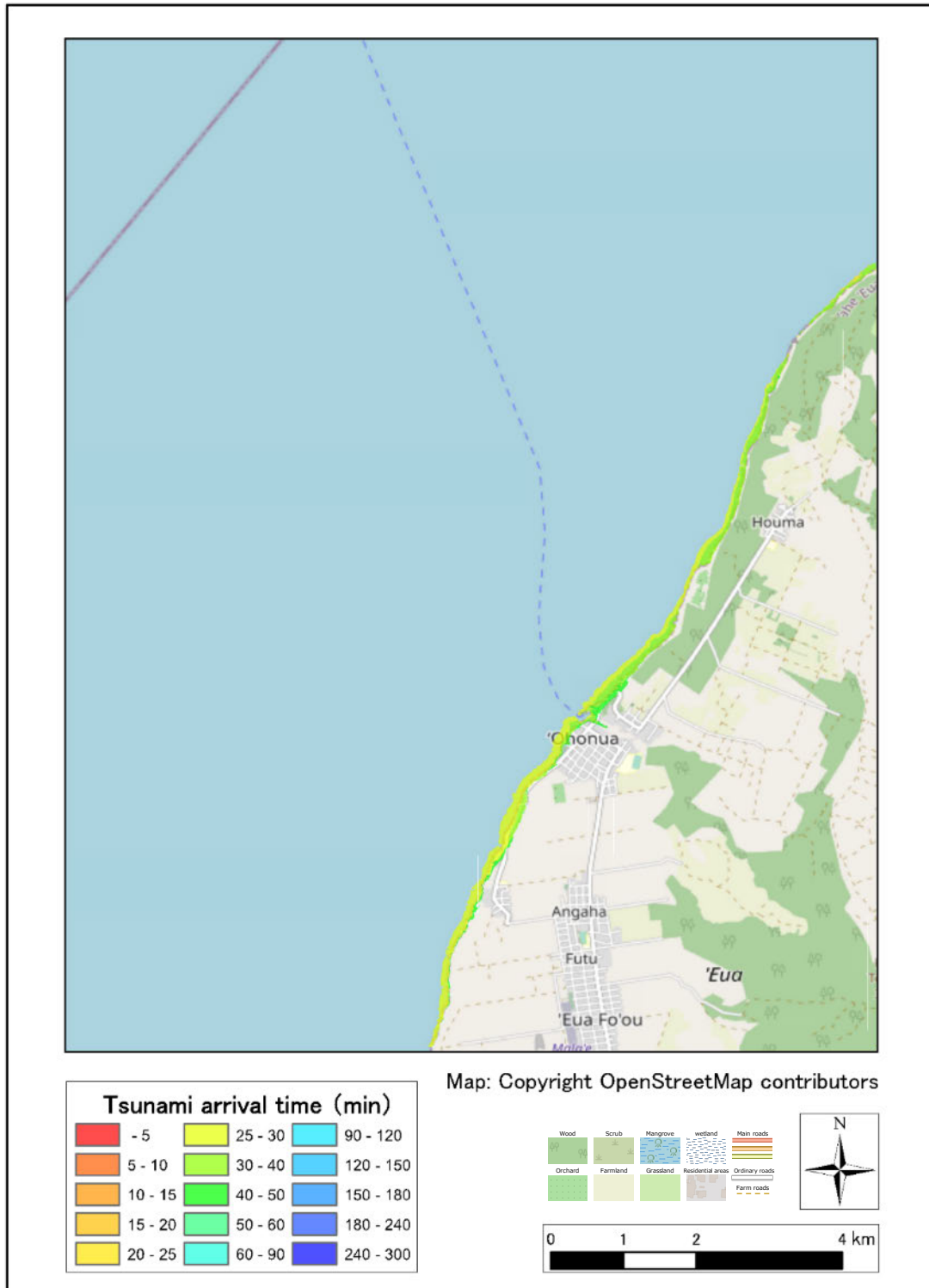
CASE: Volc3-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.158 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=60m)

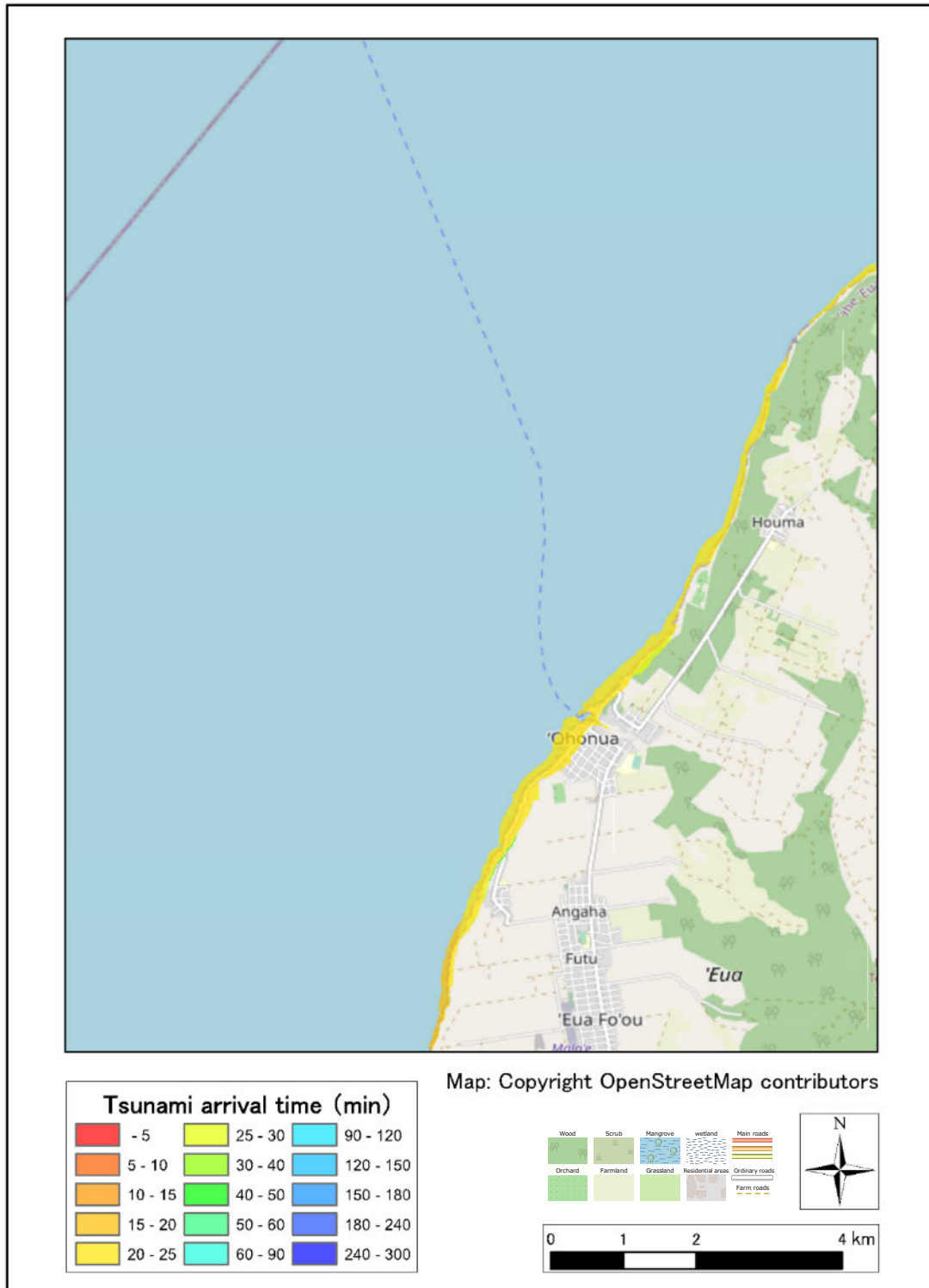
CASE: Volc4-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.159 津波到達時間分布図 (Fonuafo'ou, H=60m)

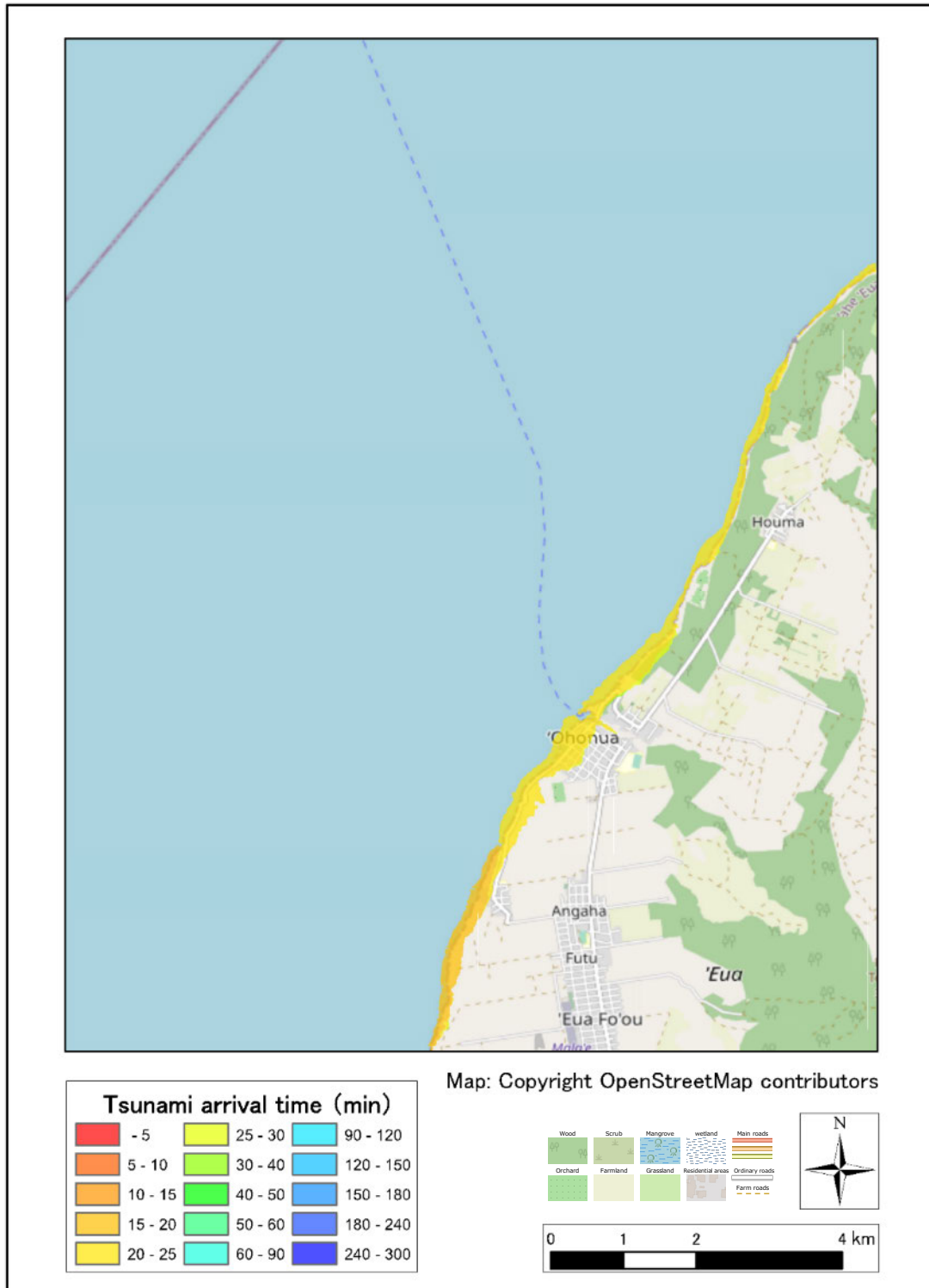
CASE: Volc5-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.160 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=60m)

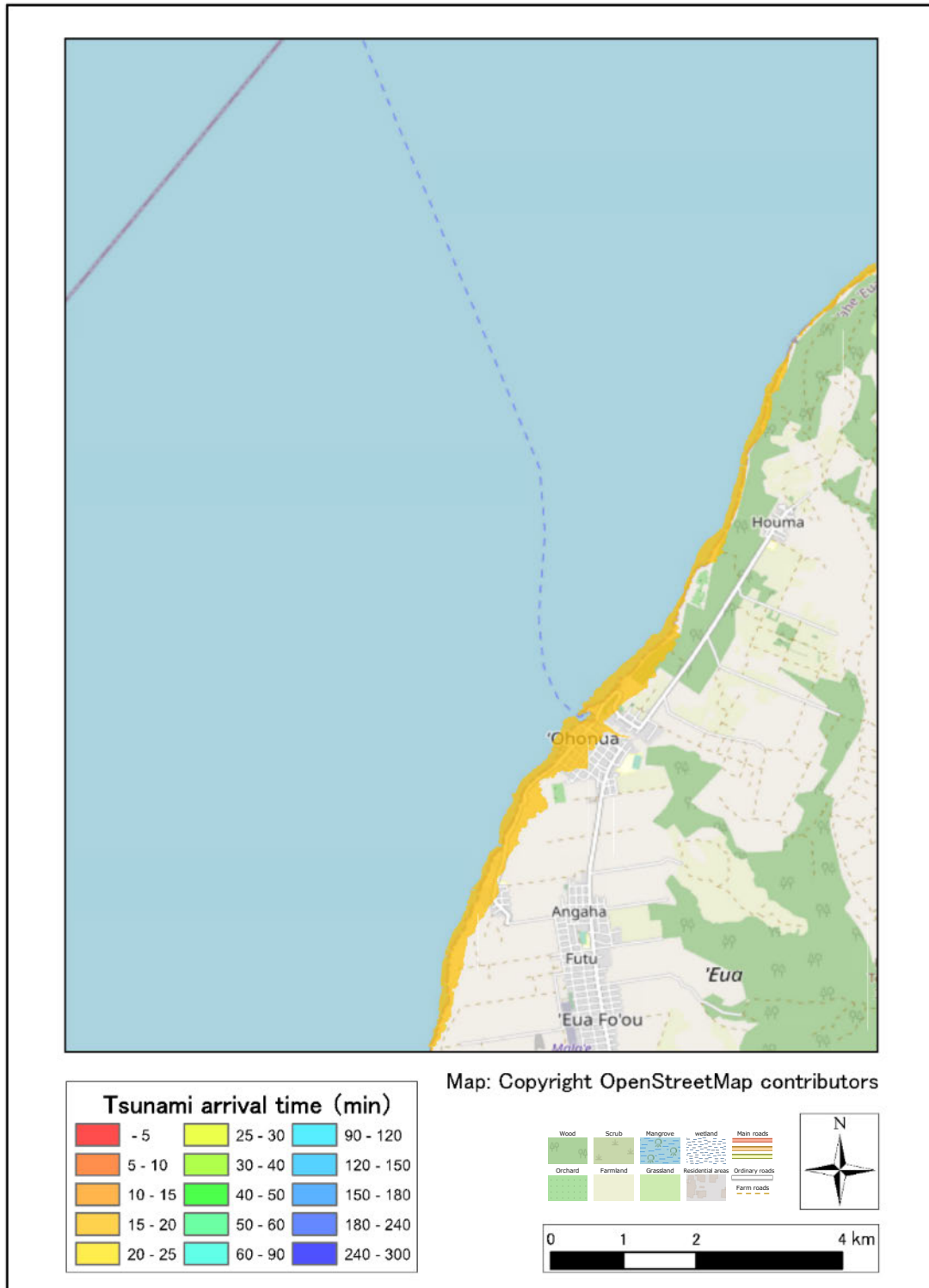
CASE: Volc6-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.161 津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=60m)

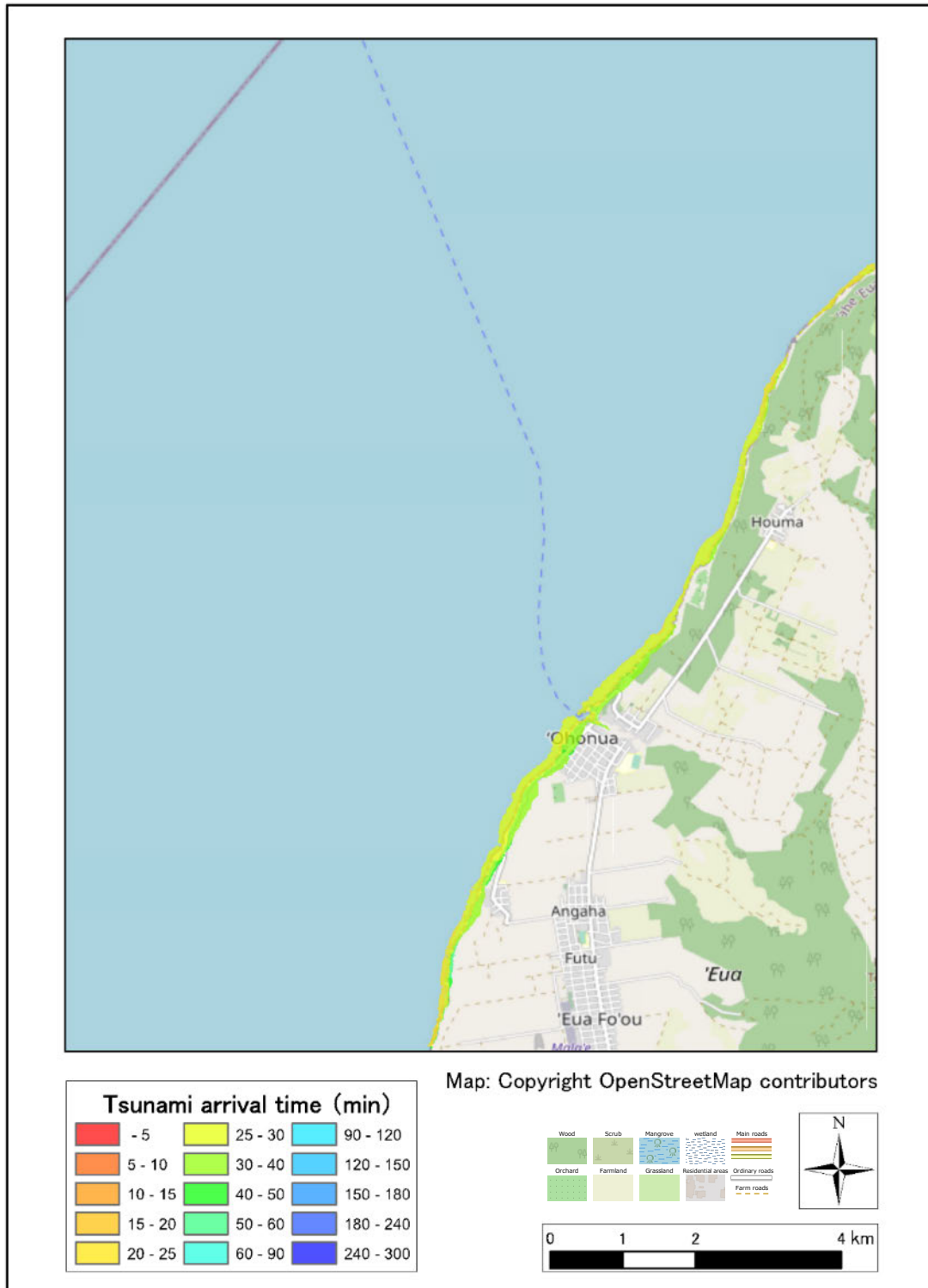
CASE: Volc7-2-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.162 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=60m)

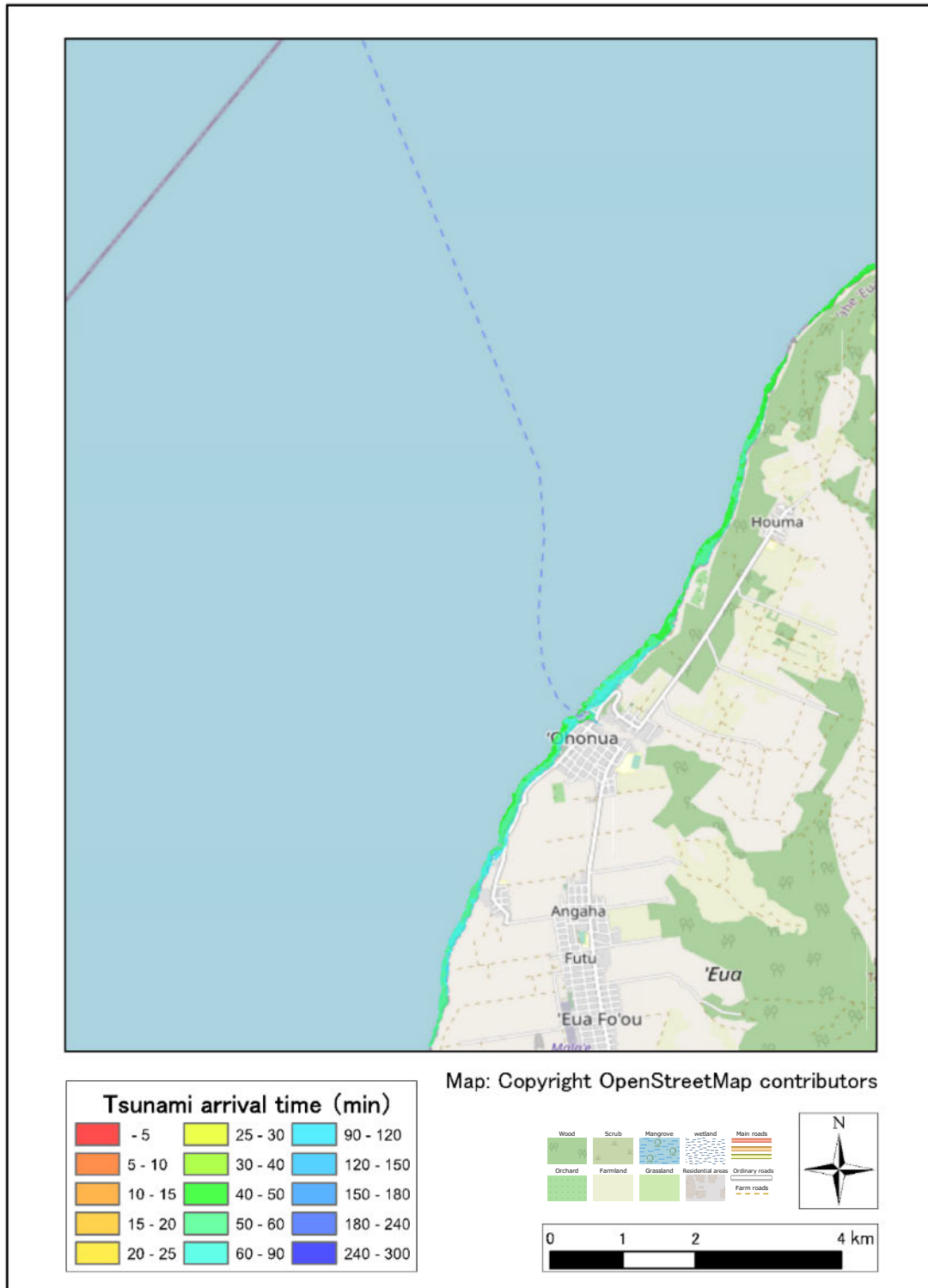
CASE: Volc0-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.163 津波到達時間分布図 (Hunga Tonga-Hunga Ha'pai, H=90m)

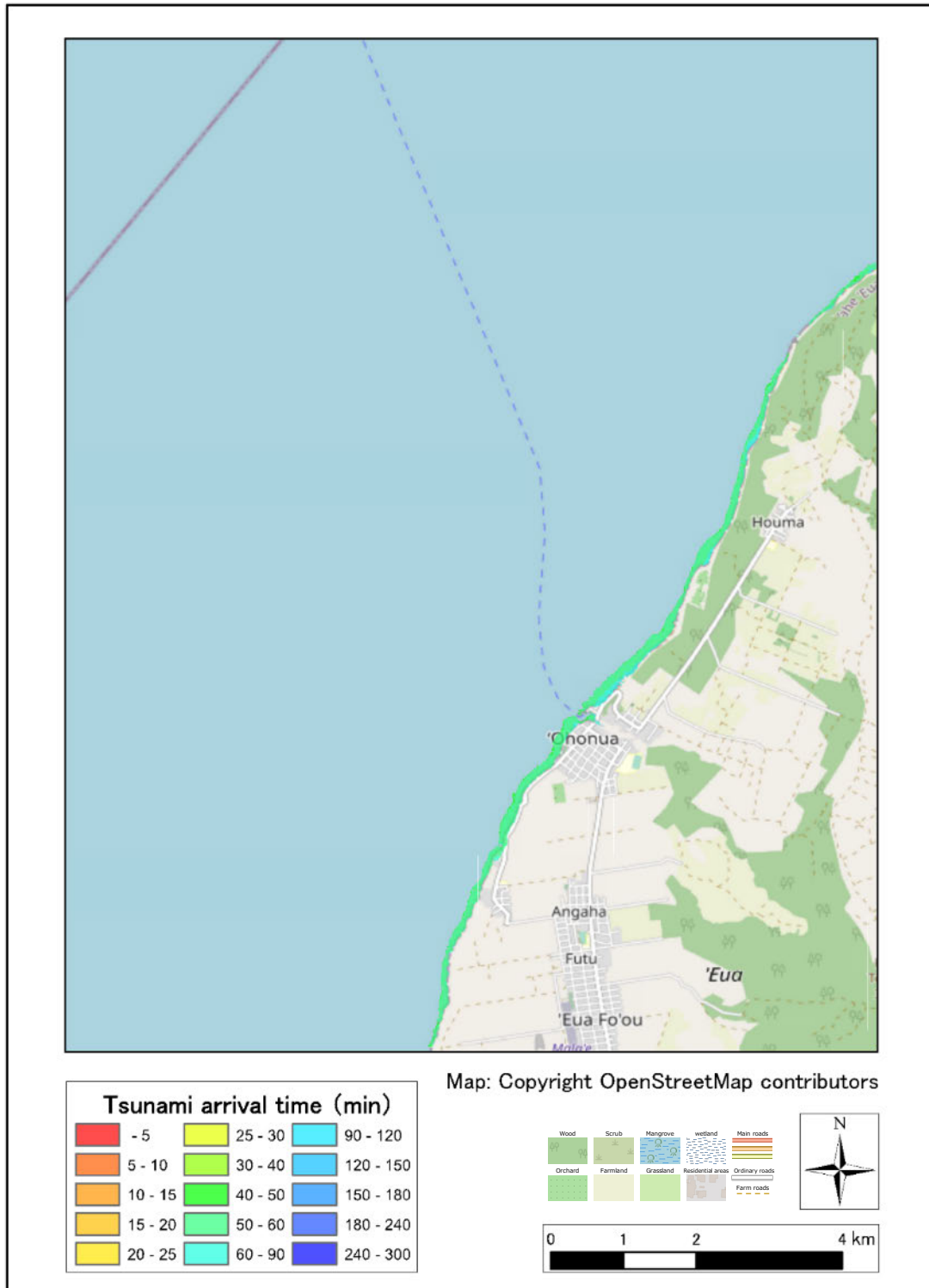
CASE: Volc1-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.164 津波到達時間分布図 (Unnamed1, H=90m)

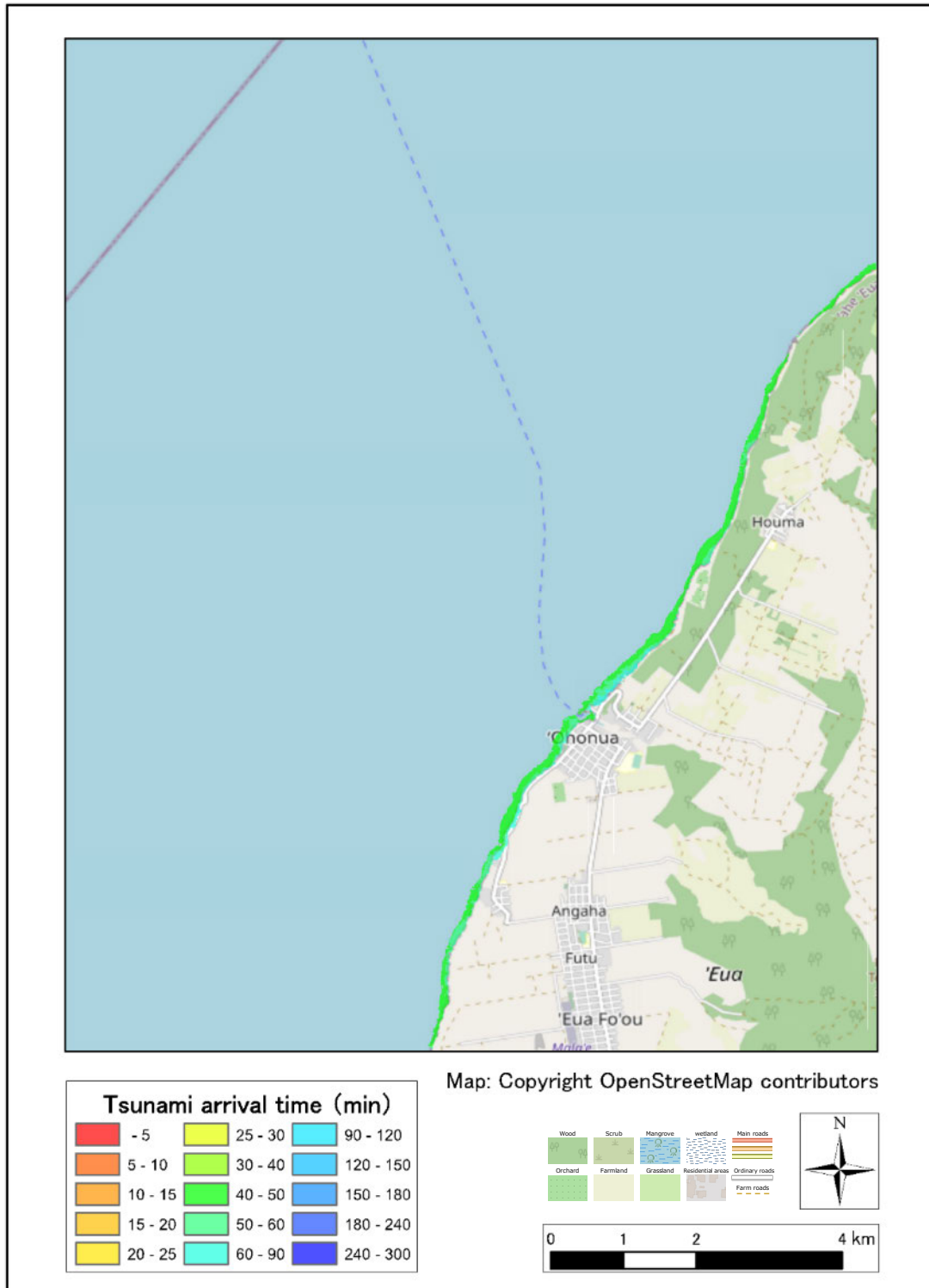
CASE: Volc2-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.165 津波到達時間分布図 (HomeReef, H=90m)

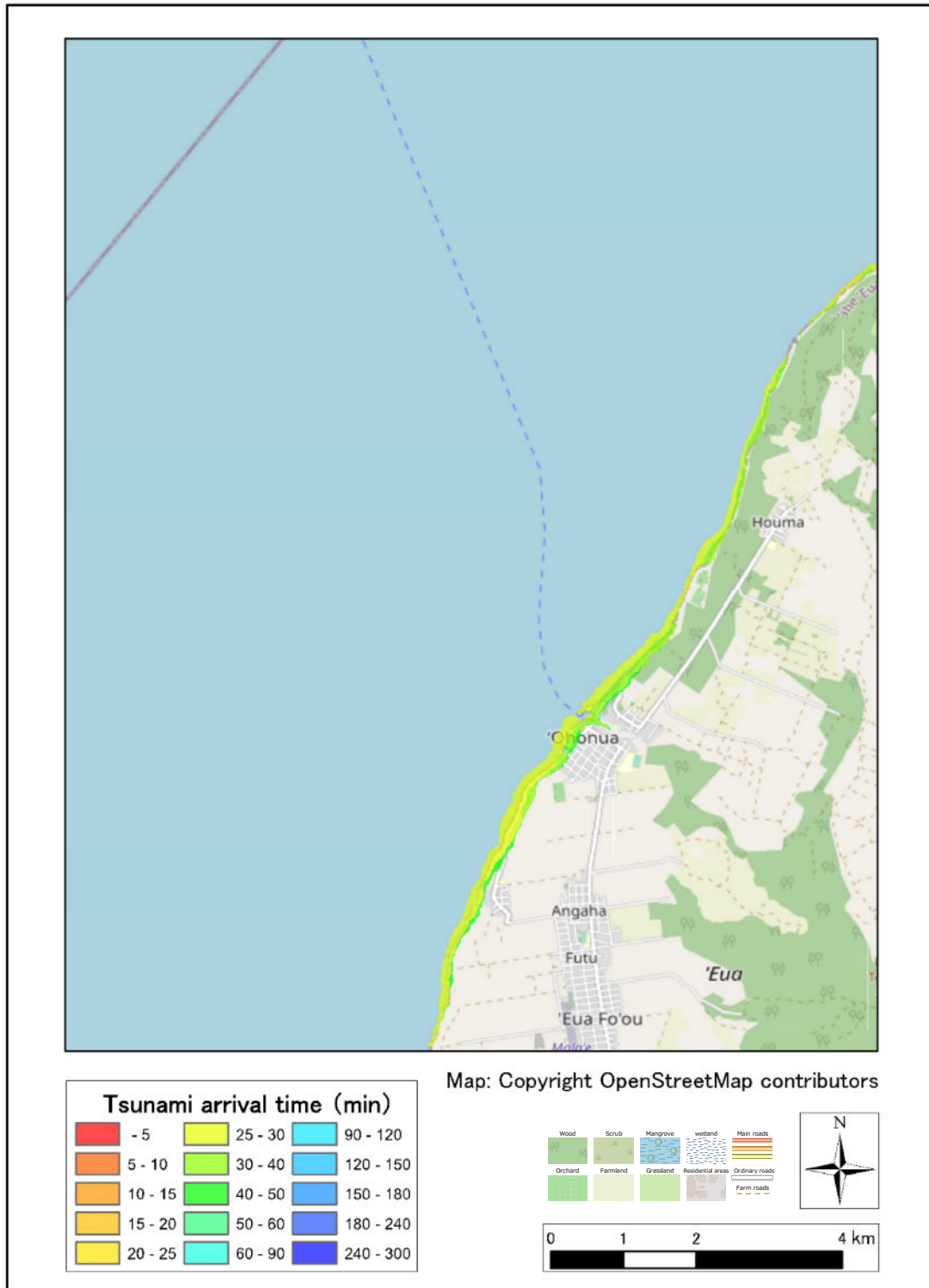
CASE: Volc3-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.166 津波到達時間分布図 (Lateiki, H=90m)

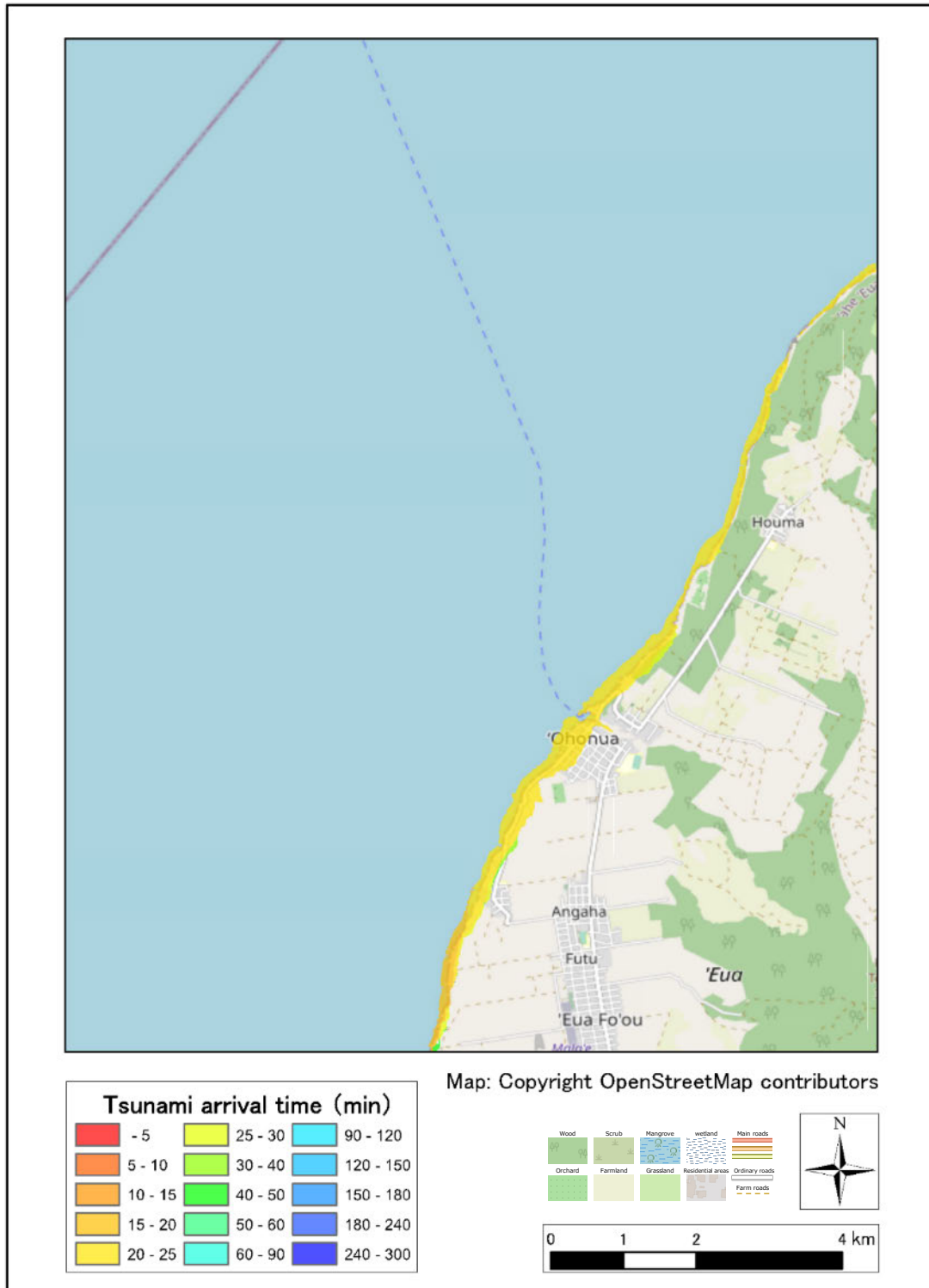
CASE: Volc4-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.167 津波到達時間分布図 (Fonoafo'ou, H=90m)

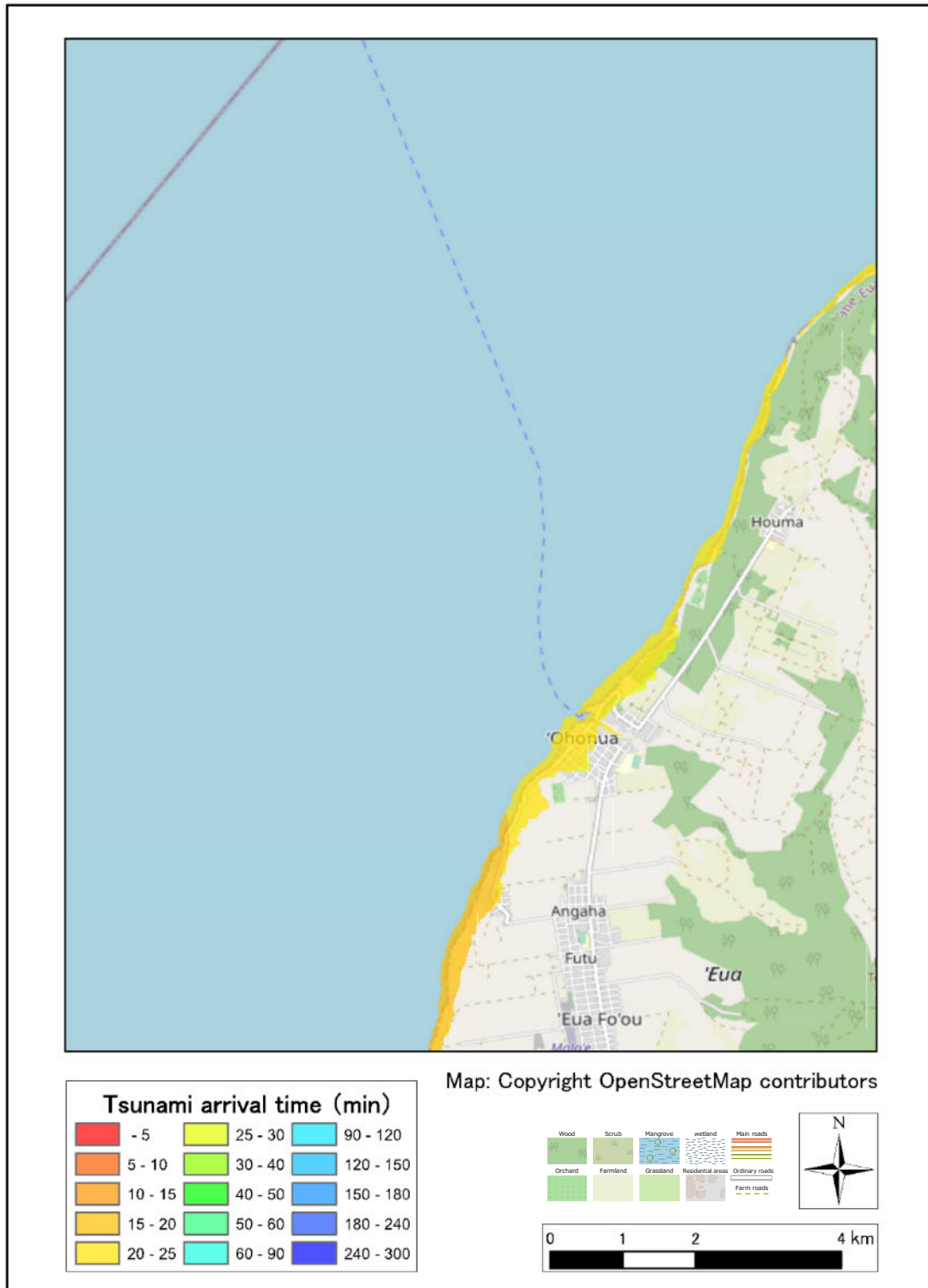
CASE: Volc5-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.168 津波到達時間分布図 (Unnamed2, H=90m)

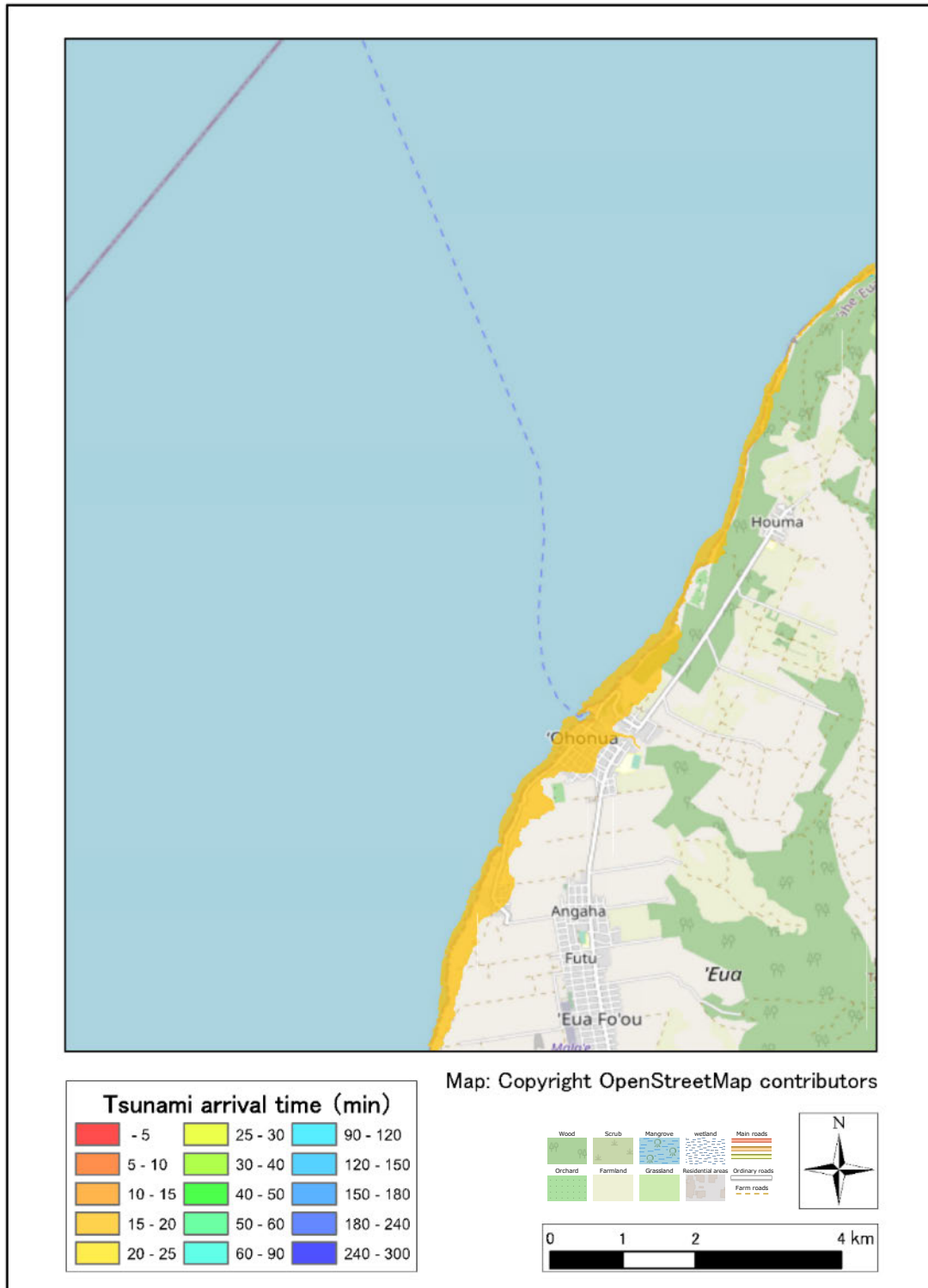
CASE: Volc6-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.169 津波到達時間分布図 (Unnamed3, H=90m)

CASE: Volc7-3-2



出典：JICA 調査団作成

図 2.6.170 津波到達時間分布図 (Unnamed4, H=90m)