

付録 C 研究の計画立案と報告書の作成

C-1. 水理学研究の作業計画の作成

この付録は、水理学研究の作業計画作成に際して必要となる追加的な詳細事項について説明します。作業計画の作成は、水理工学的な研究を計画して実行するための非常に重要なステップです。またこの付録では、水文および水理学的な (H&H) 研究を発表するための報告書に必要なとなる一般的な要件についても触れています。第 3 章で言及したように、HEMP (Hydraulic Engineering Management Plan) は、プロジェクトあるいは研究の初期段階に作成する必要があり、この文書の作成段階でも、かなりの水文学的および水理学的な作業が要求されます。HEMP では、必要な場合には流送土砂に関する研究も含めて、水文および水理学に関わるすべての研究調査作業を扱うことになります。

a. 概要 HEMP の作成準備作業は、検討の指針をもう 1 段階増やしたり、また水理エンジニアの負担を増やしたりすることを意図するものではありません。HEMP は、計画案やスケジュールの作成をしたり、時間や経費の予測を作成したりして文書化する上で、実際にエンジニアの役に立つものでなければならず、さらに作業全体の管理に必要な管理時間を低減する上でも有効でなければなりません。

b. HEMP の目的 HEMP の主な目的は、エンジニアの作業を支援することです。具体的には、必要となる作業の全体的な分量、またそうした作業で必要となる詳細事項のレベルを予測し、H&H 活動の手順を設定し、H&H と他の学問分野との間における情報交換の相互関係、そしてその関係がスケジュールおよび手順の決定作業に及ぼす影響を決定し、さらに、その他の必要項目および発生する可能性のある問題を特定することなどが含まれます。その一方で HEMP は、研究を担当する水理エンジニアのチームが、その水理学研究全体をどのように実行するかを提案をする際の詳細な指針以上の機能は持っていません。HEMP に記載されている様々な研究活動に関する詳細事項は、その水理学研究全体にかかる時間とコストを適切に予測するために十分なレベルを保持している必要があります。行き届いた時間とコスト予測が準備されていると、プロジェクト管理者との交渉を円滑に進めることが可能になります。特に水理エンジニアの経験が浅い場合には、実用的な範囲内で、できるだけ詳細に HEMP を作成する必要があります。しかし経験が豊富なエンジニアでは、それほど詳細な HEMP は必要でない場合もあります。こうした書類提出のレベルは、研究の管理者を含む水理エンジニアチーム全体の意向によって決まります。HEMP の作成にはある程度の日数が必要となりますが、HEMP があることによって水理学研究の全過程を通じて継続的なメリットが得られます。

c. 詳細事項のレベル HEMP に要求される詳細事項のレベルは、特定の水文学および水理学的な研究作業における枠組みの観点から、必要に応じて決めることが可能です。通常この詳細事項レベルは、報告書の詳細レベルとほぼ同等になります。表 3.1 は、様々なレベルの報告作業と HEMP で、含まれる全般的な作業処理過程が似通っていることを示しています。HEMP のレベルは、本調査 (実行可能性調査) 段階において最も詳細になるのが一般的ですが、これは、建設コストを確実に求め、また NED 計画を特定するためには、水文学および水理学が「最終的な」形態となっており、また水理学的な設計における詳細事項が十分なレベルに達している必要があるためです。予備調査、再検討、あるいは設計覚え書き段階のような、計画過程における他の段階においては、詳細レベルは HEMP より低くても構いません。同様に、継続的な認可プログラムでは、予備調査報告が本調査 (実行可能性調査) 報告書と同じような機能を持つため、最も詳細な HEMP が必要となります。この付録の最終セクションには、定常流と非定常流の両方における、漸変流の解析に関する詳細な HEMP の例を示してあります。

d. 研究対象となる境界の決定 第 3 章で説明したように、将来のプロジェクト、およびそのプロジェクトが流域の水文、水理、および堆積状況に及ぼす影響は、プロジェクトの物理的な限界による制限を受けません。したがって HEMP は、プロジェクトの (流域全体にわたる) 総合的な影響を扱う必要があります。研究対象となる境界は、プロジェクトの境界からさらに上流および下流に何マイルも延長される場合があり、さらにプロジェクトの対象となる河川の支川にまでおよびすることもあります。実際に行う作業は、プロジェクトの境界ではなく、研究対象の境界に大きく依存します。この事実を認識することが重要であり、また研究時間およびコスト予測に関連して、HEMP にもそうした境界に関する認識を明記しておくことが重要です。

e. 準備作業の順序 HEMP の作成は、初期の研究計画作業日程において、各週の最初の日か、全作業日程の最初の週に行うべきです。作成に必要な H&H 作業や詳細事項のレベルに関する情報は、各学問分野からの専門家チームとの協議、地域的な利益、入手可能なデータの評価、考えられる代替案の検証などから収集します。

(1) 目標・問題点・代替案 準備作業の初期段階で、すでにプロジェクトの目的 (治水、水運など) が判明しており、さらにその目的の達成に関連のある問題点の一部が明らかになっています。また、経験豊富な水理エンジニアでは、評価対象となる少なくとも複数の代替案が明瞭になっている場合がほとんどです。通常の場合、こうした問題点や代替案を見ただけで、適切な解析を行うためにはどの計算手法 (定常の漸変流など) を使えばよいかが判明します。このような初期段階における評価作業を予備的な HEMP の作成に利用することも可能です。

(2) データの入手可能性 水理や地形などに関連して、入手可能なデータおよび必要なデータにどのようなものがあるかは、HEMP の作成段階で特定されます。プロジェクトおよび研究の境界を決定することによって、必要となる地理的なデータの予測が可能になり、また後に調査の要求があった場合の方向性も決まります。そうした場合に備えて、利用可能な観測地点からのデータを特定しておく必要があり、既存の水文学および水理学研究から得た情報についても同様に準備しておく必要があります。

(3) 再検討 同僚による評価のレベルにしたがって、2 つ以上の HEMP 草案を作成することが望ましいと思われる。少なくとも、その研究を担当するエンジニアの直属の上司が、作業計画の完成度について徹底的な批評を行うことが必要で、さらに、作業の手順、詳細なレベル、水文学および水理学研究を扱う方法、および考えられる代替案などについて、エンジニアとの間で同意を得ておく必要があります。特に複雑なプロジェクトや議論を呼びそうなプロジェクトについては、区分ごとの検討作業が必要になることもあります。

(4) 時間とコストの予測 HEMP の検討作業が終了して承認された時点で、作業の継続期間の予測が可能になり、また、必要な人員やコスト予測も可能となります。時間とコストの予測は、H&H 研究活動の詳細な評価に基づくものなので、これによって必要な設備が明確になります。

(5) 定期的な更新 作業手順、および評価を必要とするすべての代替手段は、実行可能性の調査段階では正確に予測することができないのが普通です。したがって、不測の事態に備えてある程度の資金を準備しておくことも必要です。研究が進展するにしたがって、HEMP を定期的に更新する必要が出てきます。更新の頻度は 1 年に 1 度、あるいは必要に応じてもっと頻繁に行っても構いません。研究の結論を出す段階で、最終的に全体的な HEMP の更新作業を行うと、その研究で得られた知識を後の研究に利用する際に非常に有用です。HEMP は準備作業のために短期間で作成し、水理工学研究の開始時点では忘れ去られてしまうような文書ではありません。HEMP は、水理エンジニアを研究過程の全体にわたって導く「ロードマップ」であり、研究期間中はほとんど毎日使用すべきものです。

C-2. 報告書の要件

a. 概要 水理エンジニアの行った技術的な解析がどれほど優れたものであっても、必要事項をすべて備えた、行き届いた研究報告書がない場合には、研究そのものの信頼性も疑われる結果となります。報告書には水理学研究の主な実施段階と研究結果を明確に記載しておく必要があり、また報告書は、その研究の目的、利用可能なデータのレベル、技術的な解析、代替案の候補、および実際に選択した代替案などに対して、最終結果が最も適切なものであることを、専門知識を持つ複数の評価担当者に納得してもらえようような内容を備えていなければ

なりません。

b. 指針 報告書の作成に関する一般的な指針をいくつか以下に紹介します。

(1) 型式 水文学および水理学的な報告書は、主報告書への付録文書として提出されるのが一般的です。報告書本文、または前回の報告書の中で依然として再検討作業を担当する所轄当局が読む必要があるものについては、資料の重複を避けてください。できる限り、報告書内の相互参照を使用します。表を使って情報が提供できる場合には、それを文章で記載する必要はありません。また、図が利用できる場合には、表を使わないようにします。報告書では、図、設計図、地図などを最大限に活用します。本文中で考察の対象となっている場所については、地図上でも明確に特定できるように表示します。また本文上でも、該当する図や地図を的確に用います。

(2) プロジェクトの説明 プロジェクトについて、その実施場所、主な特徴、役割などを明確に説明します。そのプロジェクトが、水系に及ぼす水理学および水文学的な影響について、また流送土砂に与える影響についても説明します。

(3) 技術的な情報 まず利用可能な基本データから開始し、採用した解析方法と、その方法を採用した理由を説明します。その上で、設定した重要な仮定は何か、またそれをどのように正当化したのか、水文学的な解析の結果はどのようなものであったか、その結果は研究計画の形成過程にどのように関わっているのか、提案した仮定に対する結果の感度をどのように評価するか、またその結果はプロジェクトの設計にどのような影響を与えたのかを、必要に応じて記載します。

(4) 妥当性 作成した技術的解析の妥当性を評価担当者に納得してもらおうという目的を忘れてはいけません。報告書に記載されている技術的手法や思考過程にしたがった場合、個々の解析から出てくる結論はほぼ同様でなければなりません。この付録のセクション C-3 および C-4 に示したチェックリストには、一般的に評価担当者が報告書で扱うことを期待するような情報や質問がまとめられています。ただし、チェックリストに掲げた項目すべてが水理エンジニアの責任に関わるものではありません。

c. 研究における報告書の必要性 水文学および水理学的な報告書には、以下の内容が含まれます：

(1) 調査報告書 予備調査報告書または本調査（実行可能性調査）報告書のどちらかになります。

(a) 予備調査報告書は、連邦政府がそのプロジェクトに関心を持っている場合に実施する限定的な調査です。これを実施する場合には、次の段階として本調査（実行可能性調査）報告書を作成します。

水理学に関する予備調査報告書では、既存データを最大限に利用し、水文および水理学的な解析はごく限られたものになるのが普通です。H&H 研究に関わる作業と報告の分量は、予備調査段階の作業で使うことのできる時間と資金によって決まります。一般的には、水理学的な準備作業に最大で 4～6 ヶ月間を費やすことが可能です。その結果として、HEMP および報告書のレベルは最小限に抑えられます。また、水文学および水理学的な報告書は、実現可能な複数の解決策への道筋が示されていれば、ほんの数ページで十分だと思われま

(b) 本調査(実行可能性調査)報告書には、NED 計画を決定し、プロジェクトに必要な詳細で確実なコスト予測、水系の水文学および水理学的な解析がすべて含まれます。H&H 研究では、水理エンジニアによる、2 年以上にわたるほぼフルタイムの研究作業が必要となる場合がほとんどです。セクション C-2.b に示した指針を適用することで、十分に対処することができるはずですが、水理エンジニアは、ETL 1110-2-230 (1978 年)も十分に検討しておく必要があります。この指針には、一般的な項目だけでなく、特殊な治水プロジェクト(貯水池、堤防、人工水路など)に関する項目も含めて、本調査(実行可能性調査)報告書に求められる情報がほとんどすべて記載されています。実施した作業の記録は、水文学および水理学研究の付録の、主報告書の最後の部分に記載されるのが普通です。H&H に関する主な作業はすべて記載する必要があり、また H&H 報告の開始ポイントを含めて、HEMP に示した手順の概要も合わせて記載しなければなりません。

(2) 再評価報告書 この報告書は、本調査(実行可能性調査)の結果を追跡する目的で、通常は実地調査の終了後 1 年あるいは 2 年以内に作成します。したがって、流域において水文学的および水理学的な変化があった場合には、そうした変化に関する更新を水理学研究に含めるのが一般的で、その際に、本調査(実行可能性調査)段階における調査結果が依然として有効かどうかについても確認する必要があります。水文学および水理学に関する報告書では、実用上の範囲内で可能な限り調査報告書の内容を引用すべきです。引用するのは、報告の全体的なレベルよりも本調査(実行可能性調査)報告書の方をずっと多くします。ただし、本調査(実行可能性調査)の終了後何年も経過してから再評価を行う場合は、この限りではありません。流域の変化状況によっては、この再評価は、技術的な側面でも詳細項目の点でも、元の本調査(実行可能性調査)報告書とほぼ同様の結果になる可能性があります。

(3) 設計覚え書き 建設前の計画報告書には、全体的な設計に加えて、そのプロジェクトの複雑さの程度によって、複数の設計覚え書きが含まれる場合があります。

(a) 全体的な設計覚え書き(GDM) この文書にはそのプロジェクト全体の技術的および工学的な詳細事項を記載します。個々の堤防ユニット、水路の流路区間、

あるいはマッピングの基準点などでは、それぞれ単独の GDM を作成するだけで十分です。しかし H&H の場合は、水文学や水面高計算の場合と同様に詳細な水理学的設計に重点がおかれるため、それ以前の研究と確実に結びついている必要があります。H&H 報告書は、本文が多くて数ページとそれに図や表が付属するだけの場合もあれば、かなり長くなる場合もあります。GDM の作成が必要となることが多い H&H 情報については、ER 1110-2-1150、A2 ページ(1984b)に記載があります。なお、それほど複雑でない小さなプロジェクトでは、GDM は必要ありません。

(b) 特性設計覚え書き プロジェクトの規模が大きく複雑な場合、あるいは 1 つのプロジェクトが多くの部分に分かれている場合には、GDM が完成した後で一連の特性設計覚え書き(FDM)を作成するのが普通です。個々の FDM は、河川に沿って連続する堤防の各ユニットごとに作成したり、堤防で囲まれた区域内にあるいくつかの揚水機場ごとに、あるいは貯水池の主な特性(余水路、静止水域、ダムなど)に対して作成することになります。この場合も、H&H では水文学や水面高計算の場合と同様に詳細な水理学的設計に重点がおかれるため、それ以前の研究と確実に結びついている必要があります。また、物理モデル試験を実行した場合には、その試験結果および水理学的な設定に与える影響についても、該当する FDM に含めます。モデル試験を実施していない単純な部分については、H&H 報告の本文はほんの 1～2 ページで済むことがあり、それに現場の配置および建設状況を示すための詳細な図面が付属します。H&H の情報に関する追加的な考察が、ER 1110-2-1150、B-1 ページ(1984b)に記載されています。

(4) 計画と仕様 こうした特性に関する設計文書は、プロジェクトの入札や建設の際に利用されます。この文書に一般的に含まれる H&H 情報としては、水位ハイドログラフとして整理されている期間や、水位の継続時間曲線などで、請負業者は、これらの情報にしたがって水位の低い時期を利用して建設作業の計画を立てることが可能になります。H&H 報告書のレベルは、通常は図だけを使用して示し、それに多少の本文が付く場合もあります。

(5) 継続的な認可プログラム この包括的なプログラムによって、計画立案、解析、設計、小規模で問題点のないプロジェクトの建設などを、比較的短い時間的枠組みの範囲内で実行することが可能になります。このプログラムでは、小規模の治水、人工水路、または河岸保護プロジェクトで対応が必要となる 9 つの所轄当局を扱っています。セクション 205 のプログラムを除いて、各研究は解析と建設の両方において資金面での制限があり、また H&H の解析および報告レベルでも制限があります。ここでは、セクション 205 の所轄当局についてのみ追加的に扱います。205 の研究には、予備調査報告書および確定プロジェクト報告書(DPR)が含まれているのが普通です。

(a) 予備調査報告書は、経済分析に必要な水位-頻度関係を確証するための詳細な H&H 評価を特徴としており、また連邦政府の関心対象となっていることを明示しています。解析のレベルおよび報告書の詳細レベルは、本調査（実行可能性調査）報告書とほぼ同様です。

(b) 確定プロジェクト報告書 (DPR) には、計画書や仕様書の作成に必要なすべての解析および設計が含まれます。したがって、H&H 研究および報告書のレベルは、再評価と設計覚え書き報告書を組み合わせるとほぼ同様になります。水文学および水理学的な研究に対する更新作業および水理学的な設計の詳細が、DPR の特徴となっています。水文学および水理学的な報告事項は、DPR とは別の付録文書に記載されています。

C-3. 水文学研究のチェックリスト

a. 安全性 堤防、水路、余水吐き、貯水池などは、高さ、容積、容量が十分か、または、防護を必要とするレベルか？残りの問題（例えば氾濫）は、文書化されているか？

b. 機能 計画は、概念的に正しいか？それは、適切な方法において機能するか？結論は、データ解析と研究結果によりサポートされているか？

c. パフォーマンス プロジェクトの説明、部局との協力、戦略、メンテナンスの必要条件は、プロジェクト全体にわたって計画され、確実に実行し続けることができるか？全ての物理的な機能と組織化された準備は、文書化されたか？

d. 工学 工学的解析は、公式への適合と設計目的に適切か？もしそうでなければ、代替の解析が異なる結論にならないか？

e. 経済 プロジェクト目的を費用効果がよい方法において成し遂げることが明らかか？各々の構成要素は、経済的に正当化されているか？

C-4. 書類作成のチェックリスト

a. 正当性 正しく機能し、運営され、維持されるために、計画の選択における妥当性を整え、計画が論理的なことを証明します。

b. 安全性 安全性の考慮：周知時間、上昇率、設計を上回る結果、その他

c. 目的 設置、プロジェクト目的の解説、そして、地域の利益。

d. 範囲 全てに関連した特徴の説明（時期を含む）建設のための範囲の設定ではない。

e. パフォーマンス プロジェクト出力（パフォーマンス・レベル）の提供、残りの標準プロジェクトの帰結を含む経済的能力と物理的な事項

f. 操作の条件 活動中の必要条件、人員と器材の記述、操作規定の計画（例えば警告時間）。

g. 原価の予測 最初のコストと OM&R コストの合理的な予測の確立。

h. 組織化された規定 建設、OM&R、その他の法律で規定された事項の確立。

i. 計画 NED 計画（最大の経済的利益）、環境品質 (EQ) の影響と軽減、の確認；NED 計画との調整。

j. 情報 c と e を成し遂げるためのデザイン・パラメータの設定：例えば、ポンプ容量、最初に堤防を越水する位置、ゲートを閉める時期、など。一般に、準備、文書、防御、計画、デザイン情報。

k. コンセンサス 公的な組織とのコンセンサスの構築。

C-5. 本調査（実行可能性調査）における水文学管理計画の事例 (HEC-1 および HEC-2 を使用した水害の低減)

この HEMP サンプルは、水文的に適切で、都市化した流域における典型的な工兵隊の本調査（実行可能性調査）報告書と水理学的な解析を結び付けるものです。水文学的な解析の目的は、水害地の地図に加えて、研究対象地域にある全てのキーポイントについての将来の洪水-頻度関係を予測することです。この解析は、洪水問題における洪水が減少する構成要素に関係なく実行されます。

a. 最初の調査 この最初の段階では、既存のレポートなどの文献再調査を含み、利用できるデータを得ること、および付加的な情報を得るための調査を実行します。

(1)最初の準備.

(a) 目的を決定するための研究に関与している他の機関を含む会議の開催、他の機関における H&H 研究の情報に関する事項、研究の制約、その他

(b) 研究範囲と目的.

(c) 参考文献の概要：

1. 既存の工兵隊の工事.
2. USGS(米国地質調査所)報告書.
3. 部局による研究.
4. その他.

(d) 得られる水文的事項.(過去の洪水に関する事項、設計流出量、流出量-頻度、など)および、水理的な事項(洪水痕跡、橋の諸元、横断面形状など)データ収集先の例:

1. 地元の機関.
2. 州.
3. 連邦機関 (工兵隊、SCS、USBR、USGS、連邦道路局、NWS、その他).
4. 鉄道.
5. 産業.
6. その他.

(e) 大きな水文研究の範囲と水理的な作用

(f) 水文学管理計画(HEMP)の準備

(2) 研究地域の地図を得ます；たとえば以下のもの：

(a) USGS(米国地質調査所) quads

(b) 航空写真

(c) 郡ハイウェイ地図

(d) その他

(3) 地図上で横断面の位置を見積もります(氾濫源の収縮・拡大、橋、その他)。各種の要因との関連においてマッピングの必要条件を決定します (正射写真)。

(4) フィールド調査。 過去の大洪水のデータ(洪水痕跡、道路冠水頻度、流れの方向、土地利用変化、流れの変化など)を得るために、地元の機関・流域住民との会見、新聞ファイルの閲覧などを行います。将来の参考とするために文書名、場所などを記録するようにします。橋、進行中の建設、水理的に影響を及ぼす構造物、氾濫原上の水路、高水敷の状況、横断面の位置などの写真を撮影します。

(5) 水面形計算における n 値の初期値の推定.

(6) マッピングの必要性、横断面の位置と洪水痕跡を含む調査の必要性を記録します。

b. 地域モデルの設定 検討対象となる過去の大洪水の選定、測定データからの流出パラメータの設定、(および既存の研究における地域のデータ)、過去の大洪水は解析的な段階において、地域モデルの較正と測定されていない地域に適用されます。この段階で、水位観測記録や近隣の流域における研究を利用して仮定を行います。

(1) 流体パラメータの最適化.

(a) 利用できる流れの記録、雨量記録、洪水痕跡、その他に基づいて評価される過去の大洪水

(b) USGS の水位-流量曲線、各洪水における場所と時間の関係、各地点における連続的な水位観測記録から流量ハイドログラフを作成します。そして、洪水の最高水位からピーク流量を推定します。

(c) 各々の水位観測値から上流地域における物理的な地域特性(集水面積、勾配、長さ、その他)を設定します。

(d) 以降の解析のために計算時間間隔 (Δt) を選定します。適切に測定されたハイドログラフを用いてピークの流出量を定め、流下経路と流域内滞留時間を考慮して、上流域における重要な支川のハイドログラフを3つ~4つ持ち、将来評価を行う場合の選択肢として考慮します。

(e) 全ての適切な雨量測定値(連続的で毎日の)を使用することは、水位観測する地域における流出記録に対応する過去の洪水パターンを得ることになります。貯留量の合計のための等雨量線図の使用；この段階の雨量分布を近くの雨量記録の重み付けに使用します。

(f) ハイドログラフと、各洪水などの測定結果による流出率によって最適化された単位を決定します。

(g) 個々の水位観測、パラメータの初期値、降雨パターンを整合性のある結果に調整します(降雨記録の相違に関する重み)。

(h) 安定したパラメータにより再実行します。

(i) 最終的なハイドログラフ(流出率)を決定し、各々の測定値における基礎的な流れのパラメータを決定します。

(2) 貯留場所の図解 貯留場所は下流側の水文データを詳細に検討することにより描くことができます。

(a) 経済的な損失の計算が行なわれる場所。

(b) 水位の観測地点。

(c) 流域の一般的な位相：

1. 地域の物理的な特性。
2. 主な支川。
3. 大きな土地利用の変更。
4. 大きな土質の変化。
5. その他。

(d) 追跡区間

(e) 既存の物理的な作用(貯水池、迂回路、その他)、および、洪水流量の減少が可能な場所の研究。

(3) 過去の大洪水における貯留場所の雨量-流量解析。

(a) 貯留場所の雨量： 貯留場所における平均雨量-等雨量線図から；現状の分類（近くの雨量記録からの情報に従う重み）を行います。

(b) 貯留場所の平均流出率： 最適化解析から採用値を決めるために、地域の中の類似した既存研究、または他の情報を用います。

(c) ハイドログラフのパラメータは、水位の観測値と物理的な特徴を最適化した関係、ハイドログラフ・パラメータと物理的な特徴に関する既存の地域研究、既知の地域からの類似した測定値、もしくはデータがない場合の判断、から得られることとなります。

(4) 水路追跡パラメータ。

(a) 水面形の計算に由来する水深-流出関係を部分修正します(HEC-2)。

(b) 水位観測データ (HEC-1) から最適化を行います。

(c) 既存の研究、経験、その他から採用するパラメータを決定します。

(d) Muskingum-Cunge (8箇所断面と n 値だけが必要とします)。

(5) 貯水池における追跡(制御できない貯水池が存在するならば)。

最も適用しやすい例である貯水池を用いて、貯留が流域氾濫に重要な影響を及ぼすことを把握するためにこの種の追跡は実行されなければなりません。そして、物理的な特徴がしっかり把握されたところにおいてこれらの技術を適用しなければなりません；例えば、氾濫原を横切っている高い道路が存在するところです。特に排水管によって洪水を下流側にパスしているところが挙げられます。

(a) 地域-容量データ (標高-地域貯留の関係) の設定。

(b) 流出口の特徴に基づく貯留-流出の機能の設定。

(6) 下記のセクション c の追跡情報を含んだ、システムの結合によって、各々の洪水発生において対象とする場所における過去の大洪水のハイドログラフを作成します (セクション c の下流側の洪水追跡に関する情報を含む)。洪水追跡が結合する関係にある地域において過去の大洪水のハイドログラフを作成します。

c. 水理学的研究 水面形は経済的な損失を受ける区域を設定するのに用いられ、修正された追跡結果は研究の基準となります。

(1) 水面形データの準備

(a) 横断面 (各々の断面におけるデータを表示)。

(b) 垂直な断面図の作成。

(c) 一般的に、断面は上流の区域と下流の区域を代表しなければなりません；また、水理学的な支配断面も必要となります。

(d) 流れの有効断面 修正された追跡結果が水面形の明確な解析から決定されているならば、流れの有効断面において、流れに関係しない区域は高い n 値を設定しなければならないこととなります（貯留のために）。実際の氾濫原貯留の根拠となる量を調整する必要があるかもしれません。

(e) フィールド調査からの正確な n 値（解析的計算や他の類似した流れとの比較から決定される n 値）

(f) 橋・排水路の計算 研究対象とされている洪水が各々の橋でどのように影響するか、普通の橋梁形式、特別な橋梁形式、または排水路の位置の選択肢について想定する必要があります。橋の下流側と上流側、および橋の影響を受ける流れのモデルにおいて、排水路の断面を準備しておくこととなります（すなわち、人工の流路）。

(2) 過去の大洪水の水文解析に基づく流出量を調和させ、川の流下距離とピーク流量を対比させ、流出範囲における水面形を計算します。この解析は、研究対象の範囲内において適切な水位に収束させるように下流側から始める必要があります。また、最初の流量に対応するいくつかの出発水位による試算を行う必要がある場合があります。

(3) 手計算のチェックは、3 フィートを超える水深の変化がある場合に行います。

(4) 上記の計算結果は、以降の解析において使われる場所（および形状）において一連の水位—流量曲線となります。更に、流域における氾濫データと貯留の対比によりハイドログラフの経過時間とともに、水文モデルに合致するように修正されたデータの設定することができます。

d. 過去の大洪水を用いた較正 このステップでは、今までに研究に用いなかった過去の大洪水を水文モデルに入力し、その結果が許容できるものかどうかを確認します。この確認によってモデルが実現象を反映しているという確信を得ることができます。

(1) 水文モデル。

(a) 計算されたハイドログラフと観測されたデータを照合し、モデルのパラメータを調整し、モデルをチェックします。

(b) 水位観測値がないときには、洪水痕跡における水面高から得られる水位—流量曲線で、流出量をチェックします。

(2) 水理学モデル。 高水位を 1 フィート上昇させ、関連するモデルを作成します（経験則は全ての状況に適用できるというわけではありません）。

(3) 頻度の分析による仮定から水理模型のパラメータを設定します。

e. 既存の土地利用状況における頻度分析 分析の次の段階では、特定の洪水が研究対象の流域における全ての必須の点でしばしば起こるかもしれないことに対応します。この分析では、全ての測定点で流量—頻度関係の精度を向上させるための統計分析を実行する実際の測定データ（利用できる時）を使用するか、または、仮定的なデータを用いて行います。

(1) 各々の流量の測定においてグラフ化した頻度曲線について解析的なプロットを行い、各々の水位観測において、水深（流量）—頻度関係を求めます。観測期間の 2 倍が頻度推定の限界です（すなわち、10 年のデータは、20 年の再発間隔の洪水を推定するのに用います）。

(2) 仮定的な洪水。

(a) NOAA 水力 35（NWS TP40 と 49 と西欧国家のための NOAA Atlas-2）から、または適切な他の情報源から仮定された洪水データを得ます。必要に応じて、標準の洪水や推定される最大の洪水を想定することになります。

(b) 流域モデル内の集水域を変えることを考慮した洪水の雨量のひな型を想定します。

(3) 水文モデルを適用している流域において、対応する頻度ハイドログラフを想定します。

(4) 既知の頻度曲線に各々の発生頻度のモデルをあてはめ、損失率、基底流量、など調節します。河床低下する地域の流量は、測定箇所想定された頻度と相関があると仮定できることとなります。

(5) 流れに関する記録が解析的な検討に不十分な場合には、以下の手順を適用します；

(a) 類似した近くの測定値から頻度を得ます。

(b) 既存の地域研究 (USGS, COE, State, など) から、関係する場所において頻度を作成します。

(c) 水文モデルから、各々の洪水のハイドログラフを決定して、流域内において関係する頻度を作成します。

(d) 全ての頻度 (利用できるならば、他の地域を含む) をプロットして、工学的な判断に基づいて、頻度の関係を求めます。この関係は、利用できるデータに基づいているが、近隣のデータであるため最高水位の推定以外には使用できない場合があります。

(e) 採用された頻度に各々の洪水の水文モデルを適用させます。他の場所の頻度は、検討されたモデルの結果から決定できる場合があります。

(6) 対応する水面高さを決定し、水位-流量曲線によって水面高を評価することから水位を想定できることになります。

f. 解析による予測の修正 水文、水理状況によって計画を切り替える必要がある場合、これらの状況の変化は H&H 解析に取り込まれなければなりません。流域における都市化の影響は、通常解析に取り込まれなければなりません。

(1) 事前の調査段階の間に得られる情報から、計画地の利用状況から将来都会化するか、既存の都会化した区域が増大するかの確認を行う必要があります。

(a) 土地利用のタイプ (住宅地、商業地、工業地など)。

(b) 排水に関する地域の要求 (設計に用いた降雨確率、現地での貯留、など)。

(c) 他の考慮すべき問題と情報。

(2) 水文計画を決定するための確率

(a) 計画のスタート (現状は適切との仮定)。

(b) 数年後における状況 (しばしば、数年後の状況が情報として利用できる)

(3) 将来の土地利用の変化が貯留場所へ与える影響については水文パラメータを調節することで対応します。

(a) 採用しているハイドログラフの時間と水位の関係によって、貯留可能量を変化させます。

(b) 採用している流出率の値は、土質によって、その浸透性を変化させることになります。

(c) 採用している追跡は、流域の水理システムによって到達時間が変化することになります。

(4) 水文モデルの操作は、モデルを修正することになり、流域中の将来の流出頻度を操作することにつながります。

g. 代替の評価 学際的なメンバーによって構成されるチームが行う検討結果から、洪水に関する水文および水理モデルを修正します (個々に、そして、組合せで)。この場合の選択肢として複数の構造物を含むことができます (貯水池、堤防、水路掘削、迂回路、ポンプ揚水、転換その他)、そして、非構造物 (洪水予測、警報、構造物と揚げることや移動、洪水防衛など) をも含むことができます。H&H の誤差を少なくするためには、非構造的な選択肢 (ソフト的対応) をモデル化することになります。

(1) H&H モデルを伴わない各々の選択肢または構成要素の個々の解析においては、将来と現実を両方考慮する必要があります。

(2) 構造物の機能は、各々の場所における貯留と氾濫の関係の修正および流域を通過する経路を修正することによって通常モデル化されることになります。第3章において示したチャートは、各々の選択肢を解析するための以下のステップに関する詳細な情報を含むものです：

(a) 貯水池の調整 余水路の形状に基づく貯留-流出関係とダムの高さの調整。

(b) 堤防の調整 提案された堤防高さに基づく断面形状の調整。貯留-流出関係に関して堤防を検討した後で貯留損失の影響を評価します。そして、必要な場合には、修正された流出-頻度関係を下流側で決定することになります。

(c) 水路の調整 提案された水路寸法に基づく断面形状の調整を行います。氾濫原貯留に関して水路断面の形状と深さを評価し、流域において貯留-流出関係を修正します。必要な場合には、修正された下流側の流出-頻度関係を決定することになります。

(d) 迂回路の調整 迂回路の下流の減少した流量に関して、水文モデルを調節します。その後、迂回した流れが、(合流点があるならば) 再結合するところを確認することになります。

(e) ポンプ揚水の調整 解析されるいろいろなポンプで水を揚げる能力によって水文モデルの調節を行います。

(3) 流送土砂による影響に関する評価。

(a) 質的— 最初のふるい分けのために

(b) 量的— 最終的な選択のために

(4) 非構造的な構成要素。

(a) 貯留や構造物による水位上昇—設計においては設計時の水位

(b) 洪水予測—リアルタイム水理模型の開発、警告時間の決定、など

(5) 二者択一の評価と選択とは、各種の専門分野の間で情報の交換を必要とする反復的なプロセスです。専門分野間の正確な仕事の流れは、多くのプロジェクトにおいて正確に開発されることはありません。より多くのコストと設計情報の関係が知られるようになると、選択肢の評価は非常に複雑となり、要求されている多くの検討の中からプロジェクトの修正が行われることになります。これは通常、最も多くの時間を必要としている HEMP の領域であって、コストも必要となります。

h. 水理的な設計 水理的な設計は、いろいろな構成要素の大きさを含まなければなりません。H&H モデルの操作や設計とコストのための十分な情報を得ることが含まれます。

(1) 貯水池—ダム高さ、余水路形状、余水路横断面、流出口の容量 (床の高さ、長さ、付属物、など)、河床保護、貯水池の水際線、その他

(2) 堤防—堤防設計形状、危険分析、内部排水必要量、その他

(3) 水路—水路形状、橋の形状、河床保護、水路の掃除、水路と橋の移動の検討、その他

(4) 迂回路—水路設計に類似、迂回路の制御 (堰、水門、その他)

(5) ポンプ揚水—容量、運転・停止の水位、貯水槽の設計、流出口の設計、河岸保護、その他

(6) 非構造物—洪水貯留または構造物の嵩上げ、洪水予測モデル、避難計画、その他

i. 適切な水位における H&H 報告の準備。最終的に報告書の中の技術的な解析の結果について、実行できることを証明する必要があります。水文及び水理情報は、FDM における最小で広範囲な可能性を表示することになります。

(1) テキスト。

(2) 表。

(3) 図。

C-6. 非定常の包括的研究計画—漸変流解析 (TABS-2)

DAMBRK のようないくつかの非定常流モデルがあります。米国気象台の D. Fread 博士によって開発された DWOPER、WES によって開発された TABS-2、UNET は R. Barkau 博士他によって開発されました。HEMP における事例として TABS-2 を以下に示します。

a. TABS-2 開水路の流れと堆積モデル (TABS-2) は、水面高さ、流れのパターン、堆積物侵食、輸送と堆積、を水路に適用される二次元有限要素法のモデルとして WES で計算することができます。結果として河床表面高さが得られます。システムの 3 つの基本的構成要素は、以下の通りです。

(1) 「開水路における二次元流モデル」(RMA-2)。

(2) 「非定常における二次元流 (水平面) での流砂輸送」(STUDH.)

(3) 「水質の二次元モデル」(RMA-4)。

上記の(1)、(2)または全ての構成要素は、特定のプロジェクトのために適用できます。この一般的な HEMP は、水理学的事項と流砂モデルだけが必要であると仮定しています。

b.事前の調査 最初の段階では既存の資料に関する再調査を含む利用できるデータを得て、調査を実行するために必要な全ての情報をそろえます。

(1) 初期の準備.

(a) 研究の制約、他の専門分野の H&H 情報や目的に関する研究に関する他の専門分野と打ち合わせを行います。

(b) 例えば、利用できる文書：

1. USGS の水データに関する報告.
2. 既存の工兵隊の成果
3. 地域の研究
4. その他.

(c) 以下の機関からの水文・水理データの取得（過去の洪水追跡の記録、流出－水深の関係、流送土砂の状況、水温、風速、など）：

1. 地元の機関.
2. 州
3. 連邦政府（USGS、SCS、USBR など）
4. 鉄道.
5. 産業.
6. その他.

(d) 研究対象域においてデータを収集するプログラムを作成する必要があります。プロジェクトの範囲における流送土砂のデータ（シルト、粘土、砂、礫、中礫、玉石、岩、その他）、流送土砂の組成（細かい粒、中間、粗い、その他.）、層厚と土分類（沖積層、融氷流水堆積物、氷河性堆積物、その他）を得ます。通常これらのデータは、上記の分類毎に得られるはずですが。

(2) 研究対象地域の地図の取得.

(a) 郡のハイウェイ地図.

(b) USGS(米国地質調査所) quads.

(c) 航空写真.

(d) その他.

c. 水理模型（RMA-2）の開発.

(1) プロジェクトのための格子(メッシュ)の作成.

(a) 利用できる最大のスケールの地図上で、研究対象域を定め、研究対象とする範囲を区切る境界を引きます。下流側と上流側の境界については、確実な境界条件を設定できることを確認します。格子生成プログラムやデジタル地形モデルを使えば、下記の (b) から(f)のステップは自動化できる場合があります。

(b) ノード（計算点）を配置する、そして、メッシュ要素を作成するために、四角形または三角形に対象域を区切ります。特に重要な地区の要素は大きくなりすぎないように注意します。

(c) 要素数

(d) TABS-2 では、反時計回りにノード（計算点）を数えることとなります。

(e) 境界を含むノード（計算点）の x,y,z の座標をデジタル化します。

(f) 境界ノードにおける境界の勾配を決定します(湾曲したの要素を使用する場合)。

(g) 格子の形状について、その形状がよく、境界が実モデルに適合していることを確認します。

(h) 地形と水深の表現が満足されるまで、ノード（計算点）の場所と最下流の高さを調節します。

(i) 出力データの解析を行います。出力が明確であることを確認するために、必ず全ての要素をチェックする必要があります。もし不都合があれば、全てを訂正し、モデルが完全になるまで、ステップ(a)をやり直すこととなります。

(j) 流体力学計算において他の境界部のノード（計算点）を確認する必要があるかもしれません。このとき、境界部のノード（与えられている場合）のリストに、特に注意する必要があります。

(2) 流体力学.

(a) 対象とする期間のハイドログラフを決定します。

(b) 計算時間の間隔を設定します。最適値を求めるために、試し計算を行うことになり、大きすぎる場合や小さすぎる場合には、問題を引き起こす可能性があります。

(c) 境界条件の適切なタイプを選択します(水位、流量、流速、境界、その他)。そして、これらの中から妥当な組合せを設定することとなります。上流の境界における流出量と、下流の境界の水面高さは、大部分のケースにおいて境界条件として用いられています。

(d) 粗度 (n 値) と乱流交換係数を設定します。この2つの係数は、空間的に異なる値となります。設定に際しては過去の実験とユーザー文書の参照を行うこととなります。

(e) RMA-2 の制御ファイルを作成して、最初にゼロの流れを用いて試し計算を行います。

(f) 出力を解析し、必要とされた訂正を行い、満足する結果が得られるまで試し計算を繰り返す必要があります。また、必要ならば、動的なシミュレーションを実施し、満足できる定常状態の結果を得ることとなります。

(g) モデルの結果の整理、すなわち、流速ベクトルの方向と大きさをチェックします。

(h) 実行 RMA-2 の較正を行います。実現データや物理的なモデルに対してテスト・データの結果を比較し、計算に用いている係数を調整します。

(i) 実行 RMA-2 の基礎的なテストを行います。

d. 流送土砂モデル (STUDH) の設定

(1) データの吟味

(a) 既に記述した事項から河床の材料の粒度分布曲線を得て、代表的な粒子サイズを選定します。

(b) 既に記述した事項から流砂量に関するデータを得て、境界で流砂量を評価します。あまり流砂量を低く想定した場合には侵食を引き起こし、逆に流砂量を高く想定した場合には堆積を引き起こすこととなります。

(c) 解析で扱っている流砂量のタイプを把握する必要があります。すなわち、シルト、粘土、砂など、単一粒か、混合粒か。

(d) 沈降速度の推定を行います。流送土砂の粒子の沈降速度を評価するのにストークスの法則を用います。

(e) 乱れ係数と伝播係数を設定します。研究のために最高の係数を見つけるための試行を行うことにより係数を設定します。

(f) 粗度係数を評価します。

(g) 計算時間間隔を設定します。研究のために最高の値を求めるために、試行することとなります。15 分の間隔が、しばしば良好な結果を与えることが知られています。

(2) モデル作動.

(a) 実行 STUDH.

(b) 出力を解析し、全てのエラーを訂正します。不合理な侵食または堆積について調べ、必要に応じて、再実行することとなります。

(c) 計算結果を実現データや物理的モデルと比較し、モデルを調整します。

(d) ポストプロセッサプログラムを使って結果をプロットするか、表に整理します。

(e) 別のデータを使用して動作確認を行います。

(f) 確認が成功したと判断されるとき、実行モデルとして採用することとなります。

e. プロジェクト解析 (両方のモデル)。

(1) 基礎的な試行の実行.

(2) 基礎的な計画を伴う試行の実行.

(3) 計画の状況を伴う、伴わないの比較において必要な調整を行い、評価します。

f. 詳細なレベルに達したら H&H 報告を作成します。

(1) テキスト.

(2) 表.

(3) 図.