

報文集

第15号

社団法人 北海道土地改良設計技術協会

報文集 第15号 目次

1. 農業用施設の劣化調査方法に関する一考察～農業用排水施設における実施事例をもとに～…………… 1
株式会社 アルファ技研 高井和彦
2. IT技術を活用した地域活性化構想の策定……………11
(株)環境保全サイエンス 田中真也
3. 新しい考え方に基いた小水力発電所の計画例……………17
サン技術コンサルタント株式会社(技術士) 高島康夫
菊池建一
宮田広信
野口和彦
島田元樹
4. 大野ダムの基礎処理と試験湛水について……………31
(株)三祐コンサルタンツ札幌支店 技術部第1課 及川裕義
5. 衛星リモートセンシングの農業利用(2)～小麦の生育特性に基づく生産力阻害エリアの抽出～…49
(株)ズコーシャ 大塚健二
清野伸孝
明石憲宗
丹羽勝久
6. 施設野菜の栽培試験と経済性の検討……………53
太陽コンサルタンツ(株)北海道支社 筒井誠
7. 地域課題把握調査における DEMATEL 法の活用…………… 61
(株)地域計画センター 村上正俊
8. GIS を活用した既存報告書・設計図書の整理システムの概要……………71
中央開発(株)札幌支店 大熊勉
佐藤勝行
9. 分水施設の水利模型実験について……………79
株式会社 ドーコン 農業土木部 錦織恒明
清都誠志
鈴木仁
10. エゾシカを活用した養鹿産業と中山間振興……………89
北王コンサルタント株式会社 取締役技師長 船越元
11. 火山灰質粘性土地盤の調整池設計事例……………97
日本技研(株) 月館瑞寛
12. 長浜ダムの設計について～設計・施工における沖積層の評価～…………… 107
(株)日本農業土木コンサルタンツ 金巻宏明
13. 高架橋耐震補強工事における合理的耐震設計について…………… 121
パブリックコンサルタント(株) 構造部 橋梁課 草薙洋志
14. 泥炭地域における農地防災事業について…………… 127
(株)不二陸水工研 桑原良範
森賀良樹
三浦義貞

農業用施設の劣化調査方法に関する一考察

～ 農業用排水施設における実施事例をもとに ～

株式会社 アルファ技研 高井和彦

I. はじめに

近年、我が国の公共投資に対する考え方は、環境面の配慮や投資の経済性等大きな変化が生じている。投資に対する考え方の変化の要因は、国債の発行等による借入金が膨大（670兆円）になっていることが主な要因である。そのため、既存施設の利活用を図ることが第一に求められ、新たな投資は極力抑える方向にある。同時に、新たな投資に当たってはイニシャルコストの額ばかりでなく、施設の利用後の廃棄も含めたライフサイクルコストが重要となってきた。このような中で、施設の補修・改修・更新の可否を判定する目的で、既存施設の老朽化の程度やその要因を判断し、今後の安全性や余寿命を評価する判断基準が求められている。これまで、土木学会や日本コンクリート工学協会等の公的機関やトンネル・橋梁といった個々の施設に関して国土交通省等の各機関がそれぞれ評価・判定方法を示している。農業分野においても平成13年2月に制定された土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」（以下「水路工」と記述する。）において、第15章 補修・改修の項目が設けられている。ただし、これらの記述は補修・改修を目的とする調査の内容・方法とその判定の目安が示されているものであり、改修の可否等を診断する一般的な手法は確立されていない状況にある。一方で、補修・改修を目的とする調査では、財政的（予算等）問題や調査制度上の問題があり、目視等調査者の主観に左右され易い項目が多く、一義的に定量的決定ができる項目が少ない状況にあり、対象施設の改修方針や重要度、規模等によって調査の内容は異なるものとなる。

本報文は、筆者の経験を踏まえ、主にコンクリート構造の農業用排水施設における劣化調査の方法や項目について、実施事例を参考に考察を加えていくものである。

II. 「水路工」における劣化調査の記述

農業用排水施設の劣化調査の内容・方法および補修・補強工法について、「水路工」では第15章 補修・改修の項目でおよそ24ページにわたって記述されている。このうち、補修・改修に至る調査、計画、実施の一連の項目についての流れは、フローチャートに示されている(図-1)。このフローチャートによると、劣化調査については予備調査、標準調査、詳細調査の3段階が示されており、原則としてこの3段階で行うこととされている。これらの調査内容については、「改修計画によりその内容も変化するので、これらの調査計画は適宜追加修正を行い、全体としてむだのない合理的な調査となるように留意する必要がある」となっている。3段階の調査における実施項目は、コンクリート構造物と管体構造物についてそれぞれ記述されており、この調査結果を踏まえた補修・改修可否の診断および実施例について記述されている。一般的には、この「水路工」における記述をもとに、コンクリート工学協会等の公的機関等で示された各基準を参考として、調査を行っていくのが一般的である。

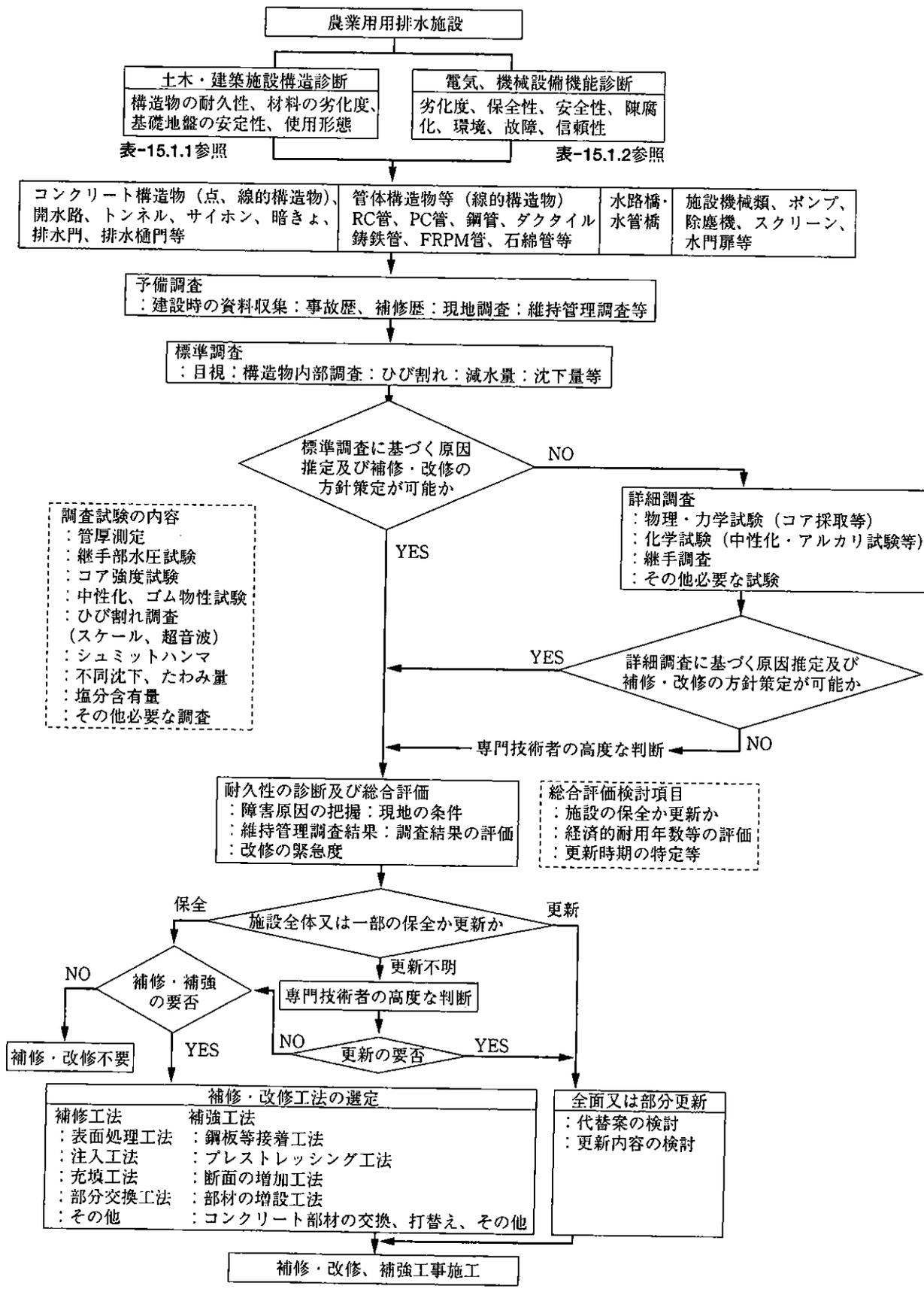


図-1 補修改修の調査、計画、実施のフロー（「水路工」より）

Ⅲ．調査方法と実施上の課題

1. 予備調査

「水路工」では、「予備調査は、主に構造物の竣工図（設計図書類、施工記録等）や工事記録、地形地質データの収集や当時の設計基準、施工方法・技術、施工材料、施工年月、維持管理の実態等の聞き取り調査を含め実施する」とある。以後の標準調査、詳細調査を行うための基礎調査となるものであり、構造物の概要、事故・補修歴、設計施工状況等の調査を行う。

（1）資料の収集

資料の収集は、「建設時の設計図書、工事記録及び事業完了後の事業誌、工事誌を可能な限り収集する。建設当時の関係者からの聞き取りも不可欠である」となっている。建設時の設計図書等の収集は、当時の設計諸元や施工技術等を明らかにするのに必要となる。例えば、J I Sにおけるレディーミクストコンクリートでは、昭和61年の大改正により塩化物量およびアルカリ骨材反応に関する骨材の規定化が示されており、昭和61年以降については、これらが原因となる劣化は少なくなるものと考えられる。

通常は、調査を行う構造物が建設から20～30年以上経過したものを対象とする場合が多く、事業主体の管理課や施設の委託管理を行っている市町村あるいは土地改良区においても資料の全てが保管されている状況にない場合が多い。また、事業誌や工事誌は、設計の内容や工事の記録等が記述されているものの、代表的な部分だけを取り上げて記述している場合が多く、全路線が網羅されていない場合が多い。建設当時の関係者からの聞き取りも事業主体や建設業者から直接行うことは、困難な場合が多い。このような場合、可能な限りの資料を収集し、収集不可能な部分については前後の関係や付近の住民からの聞き取りにより推定する等の工夫が必要となる。

（2）事故歴、補修歴の調査

事故歴、補修歴については、管理主体である市

町村や土地改良区において、災害復旧等の施工図面や聞き取りを行う。この際に、災害や破損の状況について聞き取りを行うとともに、写真等の状況がわかる資料があれば収集しておく。これらの資料から、事故や補修が必要となった原因を推定する。

（3）現地調査

予備調査段階における現地調査は、構造物の現況を調査する目的があることから、対象範囲を全て調査する必要がある。橋梁や頭首工等の点構造物にあっては、足場等の仮設が必要になる場合もあるが、概して調査対象は狭い範囲で収まる場合が多い。しかし、水路等の線構造物では、km単位での調査を行う場合が多く、調査区間を一通り踏査するだけでも数日を要する場合が多い。現地調査は、かんがい期間が終了し、落水が完了してからでなければならぬため、特に北海道では降雪時期までの短期間に効率よく調査を行わねばならない。

調査内容としては、まず収集資料と現況構造物の対比を行い、50m程度（断面が変化した場合は、その変化点）での断面形状が把握できる写真撮影を行う。続いて、目視による漏水状況、ひび割れや劣化の状況を調査する。漏水状況については付近の出水状況等目視での判断は極めて困難である。ひび割れや目地の破損状況を把握し、付近住民からの聞き取りにより概定するとともに、標準調査以降の調査で詳細を検討する。

（4）維持管理調査

維持管理調査では、維持管理の難易度、事故等の影響を評価するための資料収集、整理を行う。

これらの調査結果は、図-2のようにまとめると、以降の調査の参考となる場合が多い。

予備調査結果

水路名：〇〇〇〇用水路

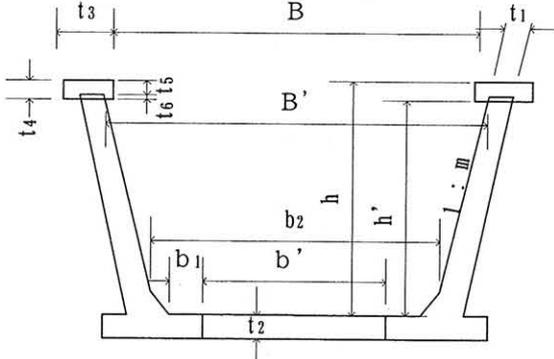
	測点 NO.〇〇+〇.〇〇	水路構造 L型ブロック		
水路タイプ	タイプ〇 (NO.〇〇+〇.〇〇~NO.〇〇+〇.〇〇)			
内 幅	B	320 cm	 <p style="text-align: center;">断面形状</p>	
	B'	325 cm		
L型ブロック厚 t ₁	cm			
L型ブロック厚 t ₂	cm			
笠コンの幅 t ₃	40 cm			
笠コンの厚 t ₄	40 cm			
t ₅	—cm			
t ₆	—cm			
側壁の勾配 m	0.3			
現場打底板幅 b'	1.10 m			
b ₁	55 cm	基本スパン長	0.5 m	
側壁の高さ (笠コン上) h	1.60 m	笠コンスパン長	10 m	
側壁の高さ (笠コン下) h'	1.20 m	目 地 材	L型ブロック	モルタル t= 40
			笠コン・底板	エラストイト t= 40
事故歴・補修歴	特になし			
写 真				
				

図-2 予備調査結果取りまとめの例

2. 標準調査（コンクリート構造物）

予備調査の結果に基づいて、規模、構造、立地条件の類似する箇所から、代表的な部分について標準調査を実施する。「水路工」によると、「この調査は、漏水量試験、内部目視調査、部材強度の簡易な試験、その他施設の機能・老朽度等に直接的に関係するとみられる要因について、できる限り定量的に明らかにすることを目標とする」となっており、調査内容について以下の項目が示されている。

(1) 目視及び機器によるひび割れ・鉄筋・破損・磨耗調査

ひび割れおよび破損状況については、その長さ・幅・貫通の有無を調べる。この場合、ルーペ付のクラックスケールが比較的安価で入手することが可能であり、0.1 mm 単位での計測が可能となる（図-3）。このクラックスケールにより、現況の施設のひび割れ状況を計測図化することとなるが、これらを調査対象区間全てで行うと、膨大な作業量となることから、予備調査での対象範囲の絞込みが不可欠となる。また、この段階でのひび割れの貫通の有無は、特に水路の場合、裏込土により確認が困難な場合が多いことから、この段階ではひび割れ幅の調査を重視することが重要となる。さらに、ひび割れの状況については、進行性のものか？比較的最近発生したものか？を把握しておく必要があり、原因の究明や、場合によっては追加調査も必要となる場合がある。



図-3 ひび割れ調査状況

鉄筋のかぶり厚については、電磁波レーダーやX線による方法等があるが、この段階での適用は設備が大掛かりとなり適さない。通常この段階では目視により、鉄筋の露出、錆汁、鉄筋に沿ったひび割れ等の鉄筋に関する状況を把握する。

これらの結果は、水路展開図を作成して取りまとめる（図-4）と便利である。

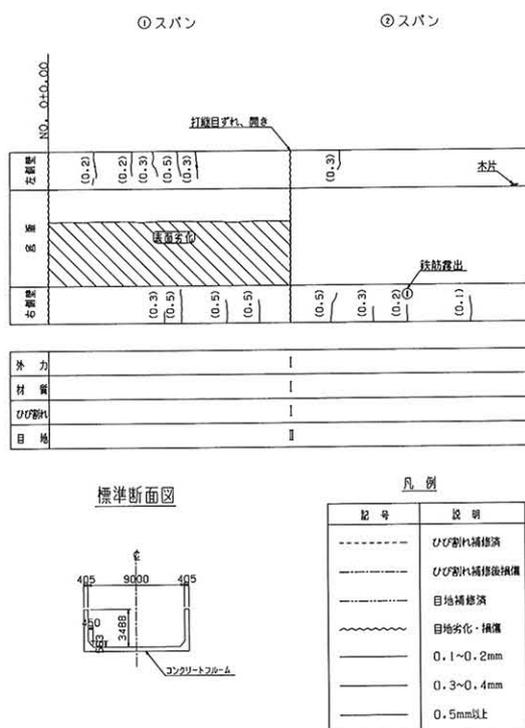


図-4 標準調査結果取りまとめの例

(2) 構造物の使用・環境状態の調査

「水路工」では、「使用時の荷重条件、温度及び湿度条件の変化、立地条件等とそれらの経過を調査する」とある。荷重条件としては側方土圧（例えば、盛土高の増減等）や積雪量、通行車両の変化等が考えられる。実際にみられた例として、当初農道橋としてTL-10で設計された用水路に架かる橋梁に、土取場から土砂を満載したダンプが往来し橋梁や水路に沈下や破損等の悪影響を与えているものがあつた。温度・湿度の条件としては、落水後の水路残留水の有無や日射による日単位での温度変化等が考えられる。

(3) 超音波によるひび割れ調査

「水路工」では、「超音波パルスを構造物に当てて、ひび割れ深さを測定する」となっている。この超音波パルスによる方法は、コンクリート中に発振子から弾性波を発射し、受信子で測定する方法であり、到達時間、波形、周波数、位相等の変化を測定装置で読み取ることで、ひび割れ、剥離、空洞等の内部欠陥を検出することができる。この測定を行うためには、①弾性波発生装置、②弾性波受信装置、③波形表示・処理装置が必要であり、比較的高価である。また、作業量も多く複雑であり、測定結果の解釈も非常に難しいことから、目視による状況把握を行い調査の必要性を良く見極めた上で、これらの調査を行う必要があるものと考えられる。

(4) シュミットハンマーによる圧縮強度試験

コンクリートの表面をテストハンマーによって打撃し、その反発硬度から圧縮強度を求める方法である。構造物を破壊することなしに測定できる長所があり、実験方法が比較的手軽であることから広く用いられている調査である。注意すべき点としては、この試験で得られる強度はコンクリート表面のごく薄い層の硬度に支配されており、コアによる測定強度に比べて大きな差がでる事がある。特に表層部の経年劣化等により表面部と内部で強度に差異がある場合には、内部のコンクリートの強度推定は基本的に不可能となる。また表面部のモルタル分がすりへり、骨材が露出している部分での打撃は、求める強度と異なる（通常、過大な値が計測される場合が多い）ものとなることから避けなければならない。骨材が露出していない場合でも、測定面に凹凸や付着物のある場合が多いことから、と石により平滑に磨いてから測定を行う必要がある。

測定は、1ヶ所20回打撃を行い、この20回の平均反発度をもとに、補正を加えて換算式により算出する。これにより得られる強度のデータはばらつきが大きく、前述した測定原理を考慮した場

合、あくまでも目安として取り扱う必要がある。測定は、通常複数箇所で行い、データを確率処理して得られる推定強度と標準偏差をもとに、設計図書等から得られる施工時の設計強度等で判断することとなる。



図-5 シュミットハンマーによる調査

(5) 不同沈下及び壁のたわみ等

水路の不同沈下及び側壁の傾き等の測定については、レベル測量やジョイント部の目地調査、側壁の目視で行う。不同沈下については、予備調査の段階で基礎地盤の状態や基礎処理の有無等によって、ある程度予想できる場合があり、水垢線の位置によってもおおまかな検討をつけることができる場合が多い。特に、対象範囲が広い場合、これらの作業を行ってある程度対象範囲を絞ってからレベル測量を行うこととなる。レベル測量は、1スパン毎に行う必要があるため、1スパン2点程度を行うこととなる場合が多い。測量の際には、付近に水準点等の既知点があることが望ましいが、部分的な沈下の場合は、前後健全な部分からの状況をもとに推定することも可能である。

これらの結果は、縦断図等を作成して測量結果及び沈下量を図示して、不同沈下の状況として取りまとめる（図-6）と便利である。

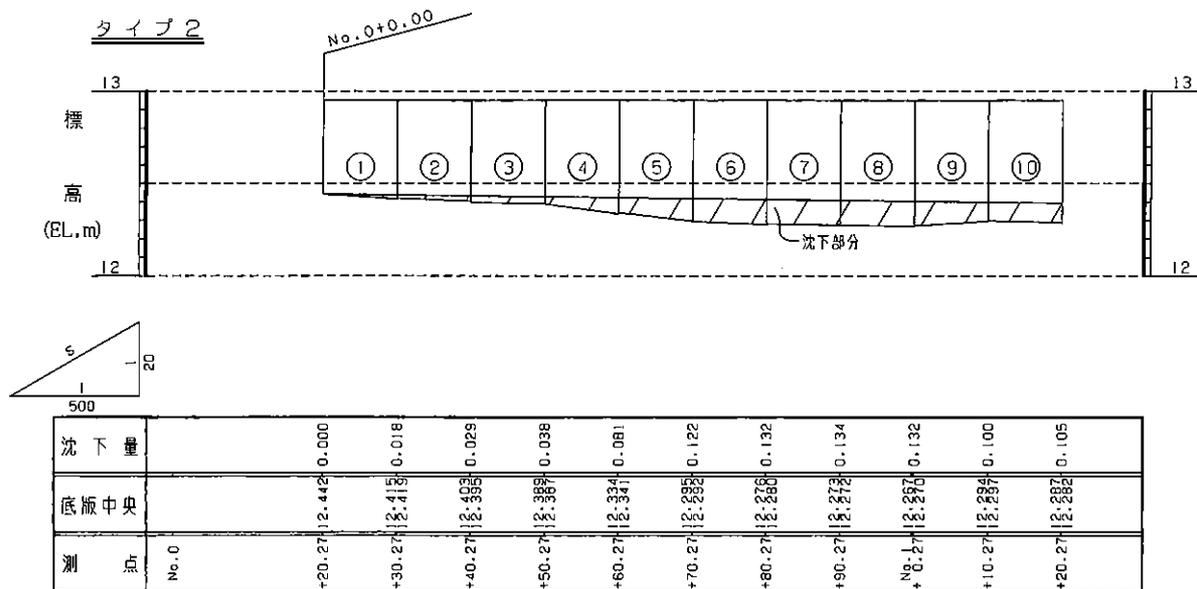


図-6 不同沈下調査結果取りまとめの例

側壁の傾きについても予備調査の段階で目視等により、ある程度範囲を特定できる場合が多い。また、一般に側壁の傾きは目地の開きや裏込土の沈下等が生じていることが多く目視でもある程度の判断ができる場合が多い。調査方法としては、コンクリートフリーム等のように直壁である場合は、水系とメジャー等を用いた計測も可能であるが、L型ブロック等斜壁ではやや難しい場合が多い。この場合、スラント計を用いると比較的に簡単に精度良く調査が行える。

側壁の傾きの原因としては、土圧や雪庇力、凍上力等が考えられ地下水位等の条件によっても異なることとなる。補修・補強を行うためには、これらの原因を把握して適切な対応をしないと、補修・補強後にまた傾きを生じることとなるため、調査の段階で十分検討しておく必要がある。

(6) 補修歴の確認記録

施設の管理を行っている関係市町村や土地改良区より、供用開始後からこれまでの補修記録を収集・開取りし補修の状況について整理しておく必要がある。

3. 標準調査 (管体構造物)

管体構造物では、施設の大部分が地中にあり、他

の構造物と比べると、調査を行わないと劣化の状況が把握できない場合が多い。また、調査の内容は以下に示すとおりとなるが、比較的大掛りな調査となることから、計画的に調査を行うことが必要となる。

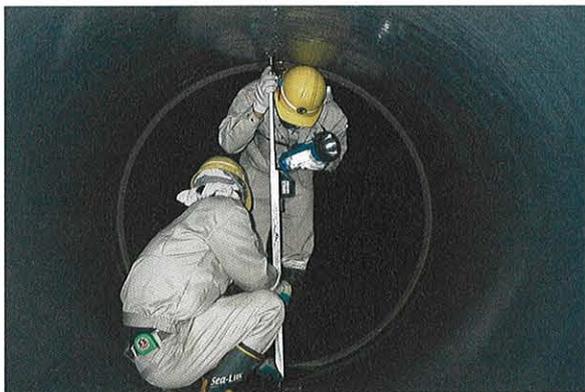
(1) 漏水 (水張り) 試験

管内からの漏水は、脱管等の大事故につながる可能性がある。このため、管体構造物の劣化の指標としては、この漏水の有無が最も重要なものとなる。試験方法は、管内に充水を行い所定時間経過後での減水量をファームポンドや分水槽の水位や管内圧力で測定するものである。測定結果の判定は、管種毎の標準許容減水量以内にあるかどうかで判断する。ここで、注意点として許容減水量は、延長の比となることから、試験区間を大きくとった場合、全体の漏水量は許容値内であったとしても、部分的に漏水が集中している場合、必ずしも安全とは限らない場合があることを認識しておく必要がある。また、管体構造物は供用を開始するに当たって、水張試験を行って安全を確認していることが多いことから、この結果を参考にするとよいものとする。試験実施にあたっては、管内が空虚となっている場合充水作業を行うこととな

り、作業が大掛りとなる。また、試験期間中は水の使用は一切行えないこと等も注意しなければならない。

(2) 管内調査 (目視)

管径が 800 mm 以上の場合、調査者が管内に入って目視調査を行うことが可能となる。ひび割れ、ジョイント間隔や内面の劣化状況が目視調査でき、たわみ量等の計測も可能となる。劣化の状況を調査者自ら確認でき、写真撮影等が可能であることから、とても有効な調査であるといえる。しかし、管内水を全て落水しなければならず、酸欠に対する換気を事前に行う必要があると共に、滑落等の危険措置も伴うこととなるので、調査は大掛りとなる。このため、予備調査段階での調査範囲の絞込みが特に重要となる。また、管径が 700 mm 以下の場合、管内での作業は基本的にできないので、リモコン付カメラ等による調査が必要となる場合もある。ただし、現状では調査範囲が約 250 m 程度までに限られる。



図一七 管内調査

(3) 管厚測定

鋼管については、発錆、塗覆装のたるみや剥れ、損傷等の確認を行い、センサー等を用いて管厚を測定する。特に構造物の取合い部分等ではコンクリート/土壌マクロセル腐食が起こることが予想できるので入念な調査が必要となる。また、場合によっては、試掘調査により管表面の状態を目視確認することも必要である。

4. 詳細調査 (コンクリート構造物)

詳細調査は標準調査の結果を検討して、機能、劣化度等を明らかにするため、さらに詳細な調査をする必要があると判断される施設を対象として実施する。詳細調査になると専門の技術者に依頼したり、大規模な設備を要する項目が多くなることから、調査の必要性や対象範囲については、標準調査結果をもとに慎重に決める必要がある。

(1) コア抜きの実施

「水路工」では、「直径 10 cm 程度のコア抜きを行い圧縮強度試験を実施する」とある。コア抜きにより、中性化試験やコア強度試験、アルカリ骨材反応試験が行うことができ、より精度の高い調査を行うことができる。

コア抜きにあたって、コア径が約 10 cm とある。この値については J I S によると粗骨材の最大寸法の 3 倍以上とされており、RC-a で 25 mm の 3 倍となると 75 mm 以上となる。また J I S では、コアの直径と高さの比を 1 : 2 と規定していることから、通常のコンクリートフリーフォームでは部材厚 20 cm 以上となることを考慮すると 10 cm が妥当なもの判断できる。ただし、この値は鉄筋間隔の制約がない場合に限られる。鉄筋間隔がこの値より狭い場合は、適宜コア直径を小さくし、鉄筋の配置状況を把握して鉄筋を切断することのないような注意が必要となる。コアの採取位置については、側壁や底版等の部材位置、水に接するか接しないか、日射を受けるか受けないか等の条件及び目視による劣化の状況を見て判断することとなる。採取するコアの数については、状況が許せば、1箇所につき 3 個程度は確保するとよい。

(2) その他必要と認められる試験

上記の他にも各種の試験があるが、特に北海道においては、凍結融解による劣化に関する試験について行う必要があると思われる。

5. 詳細調査 (管体構造物)

(1) 継手部の水圧試験

「水路工」では、「継手部の異常・劣化度の状況

と水密性の関係を把握するため、現地でテストバンドを使用して実施する」とある。テストバンドによる調査も管内作業となるため、管径 800 mm 以上が対象であり、管内の落水作業が必要となる。また、1箇所1時間程度を要する作業であり大規模な調査となる。このため、標準調査段階での調査範囲の絞込みが特に重要となる。また、管径が 700 mm 以下の場合、調査は基本的にできない。

(2) 管体強度試験

「水路工」では、「管体を引き上げ、環片圧壊試験(又は外圧試験)及び内圧試験を行う」とある。これらの試験は、実際に管体を地中から引き上げて行うものであるため、標準調査段階での試験の必要性の検討を十分に行っておく必要がある。また、必要と判断された場合でも、試験実施は最小限で行うものとして、サンプル的に代表地点で行うものが望ましい。

(3) 止水ゴム輪等の劣化試験

ゴム輪を採取し、ゴム輪の健全性や寸法測定、強度引張試験等を行い復元力や劣化の程度を調査するものである。この試験も、管継手部から試験片を採取する必要があるため、調査の必要性や方法について慎重に検討する必要がある。

IV. 調査結果と判定基準

(1) 判定基準の現状

各種の調査結果をもとに、補修・改修の要否の判定を行うこととなる。判定に用いられる基準は、各機関や学会等においてさまざまに規定されており、統一されているものではない。これは、それぞれの構造物の使用条件、設置されている環境、その構造物の重要度等が異なるためであり、統一することはほぼ不可能と思われる。同じ農業用排水施設であっても、設置されている地域や使用条件等によって必ずしも同じ基準での判定はできないものである。

一方で、劣化調査は目視が主体となる項目が多い。このことは、劣化の状況をつぶさに観察する

ことが可能となる反面、ある程度劣化が進行しなければ、有用な情報が得られず、予防の観点からは必ずしも有効ではない。また、調査者の主観が入りやすく同一の施設の判定であっても、調査者によって判定結果に相違がでる場合もある。

(2) 判定基準に対する一考察

調査者の主観によるバラツキは極力少ないことが望ましい。各機関で示されている基準が統一されたものではないことは、前項で触れたとおりであるが、それでも各項目 3～5 段階程度で判定を行うものが多い。これは、コンクリートの劣化過程からによるものと判断できる。通常、コンクリートの劣化過程は潜伏期、進展期、加速期、劣化期の 4 段階とされることが多く、多くの基準がこの過程に沿っているものと推察できる。また、この過程を理解していることで、現況での構造物の状況から余寿命等もおおまかに推測することが可能となるものと考えている。

V. おわりに

農業用施設の劣化診断方法について、「水路工」における記述をもとに、試行錯誤を重ねて行った実施事例から私見をもとに考察を加えたものである。本報分の内容におけるご批判は多いことと思われるがご容赦願ひ、わずかでもその話題提供になればと思っている。

これまでの 20 世紀において多くの農業用施設が整備された。21 世紀を迎えた昨今、耐用年数を向えようとしている施設も多い。これらの調査は、まだ発展途上の部分が多く今後の発展に期待を寄せるところである。

参考・引用文献

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「水路工」基準書・技術書 平成 13 年 2 月
- 2) 農林水産省構造改善局：土地改良事業計画設

計基準 設計「パイプライン」基準書・技術書 平成10年3月

- 3) 土木学会：[2002年制定] コンクリート標準示方書 [基準編] 平成14年3月
- 4) 土木学会：[2001年制定] コンクリート標準示方書 [維持管理編] 平成13年1月
- 5) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'02[基礎編] 平成14年1月
- 6) 日本コンクリート工学協会：コンクリート診断技術'02[応用編] 平成14年1月
- 7) 日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針 昭和62年2月
- 8) 社団法人日本土木工業協会：実務者のためのコンクリート構造物の維持管理マニュアル 平成12年6月
- 9) 農林水産省構造改善局総務課施設管理室：基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（パイプライン編） 平成7年1月
- 10) 土木技術資料 シリーズ ここまで進んでいるコンクリートの技術 平成2年

I T 技術を活用した地域活性化構想の策定

(株)環境保全サイエンス 田 中 真 也

1. はじめに

新しい農業農村基本法がスタートし、農業の多面的な機能の発揮が期待されるようになったことをふまえ、農業振興を考える上でも、都市・農村の交流による農業教育的機能やレクリエーション機能の掘り起こしと具体化が求められてきている。

「敵を知り、己を知れば百戦危うからず」という言葉がある。これは様々なものに当てはまる考え方で、たとえば我々が商品等を販売しようとする場合には、敵を知り（商品ニーズの把握）、己を知る（ニーズに対応する己の可能性の把握）、そして具体的な商品開発にかかるという手順となる。

さて、都市・農村交流により地域活性化を図ろうとする場合はどうだろうか？

農村地域の活性化構想の策定手法として、ワークショップ等の手法を用いて地域住民の意向を反映する手法は徐々に一般的なものになりつつある。様々な地域でワークショップが開催され、地域の特色を活かしたまちづくりに役立てられている。

しかしながら、こういった「己を知る」取り組みと、「敵を知る」取り組みにはかなりの温度差があるように感じられる。「敵を知る」という作業を怠った場合、構想は地域住民の意向を反映したものにはなるが、交流の相手方にとって必ずしも好ましいものになるとは限らない。

都市・農村交流を商売として捉えるか、金銭換算できない非営利の活動として捉えるか、その捉え方によって様々な交流の形態が考えられるが、いずれにしても、まずは交流の相手方が地域を訪れないことには交流はスタートしない。したがって、構想策定段階においても「敵を知る」、つまり、

都市住民の農村に対するニーズを把握するための取り組みを何らかの形で取り入れることが重要と考えられる。

都市住民の農村に対するニーズを把握する手法としては、実際に地域を訪れてもらい、モニターとして意見を聴取する方法や、地域を訪れた人にアンケート調査をする方法など、様々な手法が考えられるが、ここでは一つの手法として、インターネットを活用したアンケート調査を紹介する。

なお、本調査は道南の登別市を対象として平成11年に室蘭開発建設部のご指導を得て実施した。

登別というと道内有数の温泉地・観光地であり、いまさら都市との交流や連携を議論する必要のないように思われるかもしれないが、多面的機能という見地から地域観光の実態を見れば、その潜在能力は未開発のままであり、その発揮によって一層の地域活性化を図りうると考え調査対象としたものである。

2. インターネットを利用したアンケートの特色

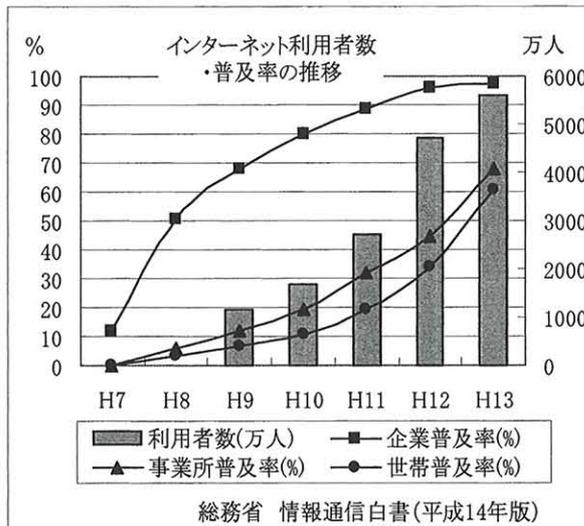
インターネットを利用したアンケートのメリットとしては、

- ①発送・回収の郵送期間がないため短期間に実施できる
 - ②通信費などのコストが低く抑えられる
 - ③回答が電子化されているため集計・分析が早い
 - ④短期間に多数の調査データを収集できる
 - ⑤自由記入欄への記入が比較的多い
- 等があげられる。また、デメリットとしては、
- ①回答者がインターネット利用者に限定される
 - ②アンケートHPへの誘導が難しい

③回答者数など予測が難しい

等があげられる。

調査を行った平成11年当時、インターネットの世帯普及率は19%程度であり、6割を超えた現在と比較するとまだまだ発展途上の状況であった。したがって、インターネットを使ったアンケート自体が非常に実験的な取り組みであり、室蘭開発建設部をはじめとして関係する自治体の理解と協力があって初めて可能となった調査であった。



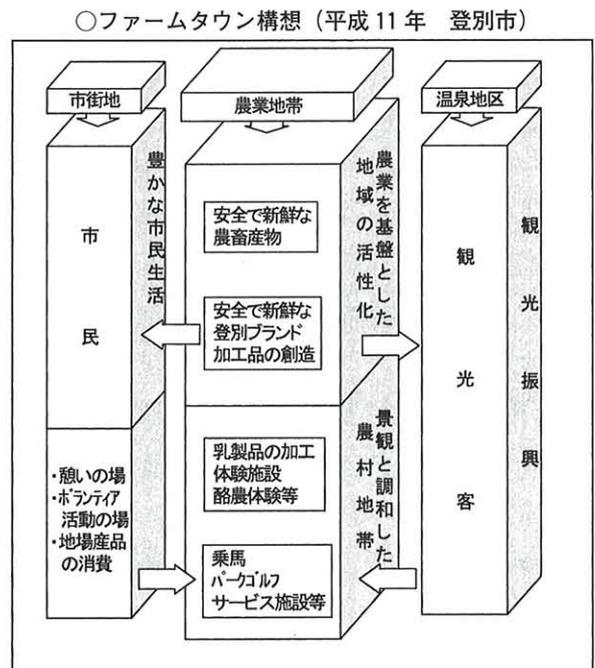
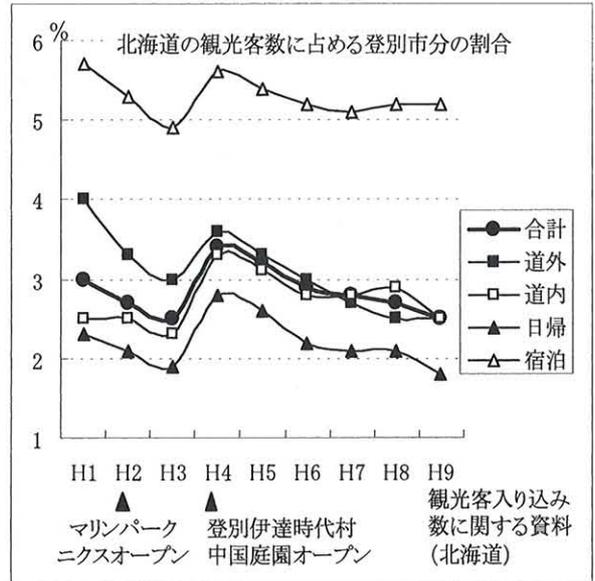
3. 登別市の概要

登別市は北海道の中央、胆振支庁に位置する人口約5万5千人の自治体である。11種類もの源泉を有する「登別温泉」は全国的に有名であり、毎年多くの観光客が訪れている。

基幹産業は観光・農業であり、農業は天候・地形条件から酪農を中心として展開している。

登別市では平成初期に次々とテーマパークをオープンさせ、観光客数が一時的に増加したものの、その後急激に観光客数は減少し、多様化する観光客のニーズに応えるべく新たな観光の姿を模索していた。

こういった背景から、調査を実施した平成11年当時、登別市では市内の農業地帯を対象とした「ファームタウン構想」を策定し、観光と農業の連携による地域の活性化を検討していた。



4. アンケートの経緯・概要

(1) 登別市への説明・合意形成

調査を実施する前段階として登別市の農業および広報の担当部署に対してのプレゼンテーションを行った。「インターネットやホームページとは」というところから説明を始め、インターネット上でアンケートを行うメリット、およびデメリットについての説明を行った。

当初、かなり細かい項目を提案したが、市との打ち合わせの中で

①「設問が複雑すぎると、回答が集まりにくいのではないか？」

②「自由記入で広く意見を募るような形式がよいのではないか？」という意見が得られたため、これらを考慮し、

①設問は、登別市の「ファームタウン構想」に合致したシンプルな内容とする。

②自由に記入できる欄を設ける。

という方針でアンケートのフォームを作成した。

(2) アンケートの作成

市との協議をふまえアンケートを作成した。アンケートの内容は以下の通りである。

問 1. あなたのお住まいについて教えてください

(登別市内、北海道内、北海道外)

問 2. 登別の地場産品を利用した農産物、農産加工品のうち、購入したいと感じるものをいくつでもお選び下さい。

(牛乳、チーズ、ハム、ソーセージ、ヨーグルト、バター、羊肉、牛肉、卵、その他)

問 3. 登別を訪れた際に参加したいと感じる農業(加工)体験施設をいくつでもお選び下さい。

(乳搾り、バターづくり、アイスクリームづくり、羊毛加工、いもほり、その他)

問 4. 登別の農村公園にあったら良いと感じる施設・サービスをいくつでもお選び下さい。

(パークゴルフ、レストラン、乗馬体験、乳搾り体験、地場農産品直売コーナー、農業加工体験施設、バーベキュー広場、農作物収穫体験、市民農園、その他)

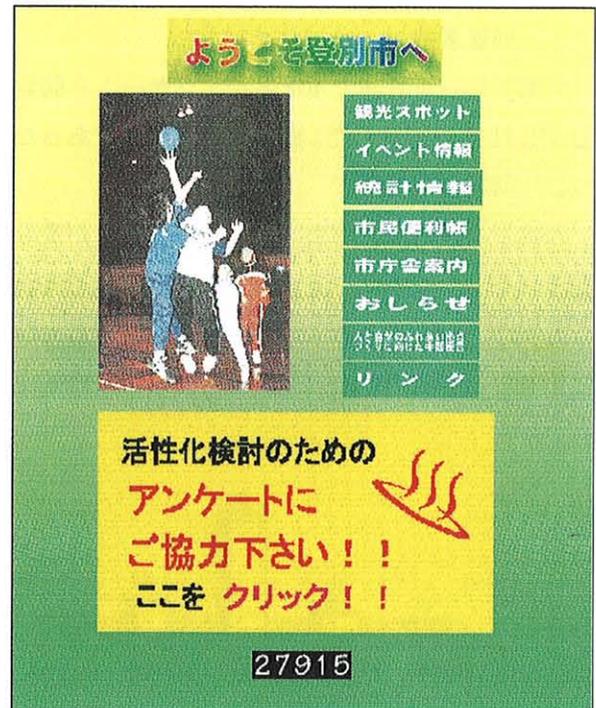
問 5. その他、登別市について自由にご記入下さい

(3) インターネットへの掲載

平成 11 年 10 月 15 日～平成 12 年 1 月 15 日までの 3 ヶ月間にわたってインターネット上にアンケートフォームを立ち上げ、不特定多数を対象として回答させた。

また、登別市のホームページにリンクを設置し、登別市に興味のある人間からの意見を集約するよう試みた。

○登別市ホームページのトップページ



○公開したアンケートフォーム



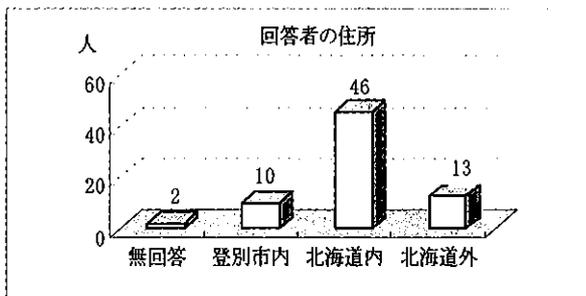
5. アンケート集計結果

(1) 回答者数

公開した三ヶ月間で402名がアンケートを閲覧し、内、71名が回答した。回答率は17.7%であった。

(2) 回答者の住所

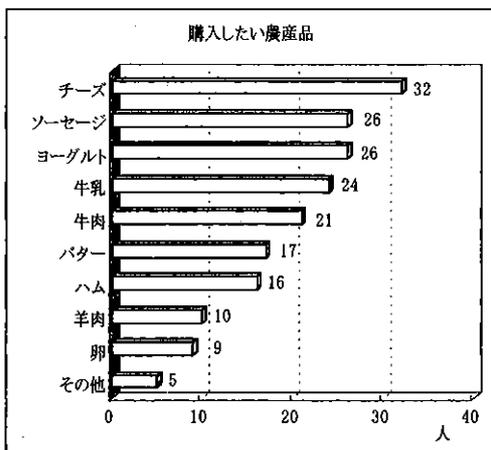
回答者の住所は北海道内（登別市以外）が最も多く、46名、64.8%であった。また、北海道外からも13名、18.3%の回答が寄せられ、登別市内の回答者は10名、14.1%であった。



(3) 購入したい農産品

購入したいという農産物はチーズという回答が最も多く、32名、45.1%、ついでソーセージ、ヨーグルトが並び26名、36.6%、牛乳が24名、33.8%となった。

また、自由記入欄にはソフトクリーム1kg缶などの意見が寄せられた。



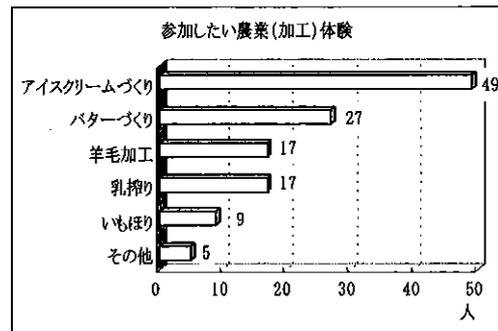
馬肉
ジャージ年がいたと思うのでその牛乳
アイスクリーム1kg缶
ソフトクリーム

(4) 参加したい農業（加工）体験

参加したい農業（加工）体験としてはアイスクリームづくりが49名、69.0%と最も多く、ついで

バターづくりが27名、38.0%であった。

自由記入欄には乗馬体験、地元産品を使った料理教室などの意見が寄せられた。

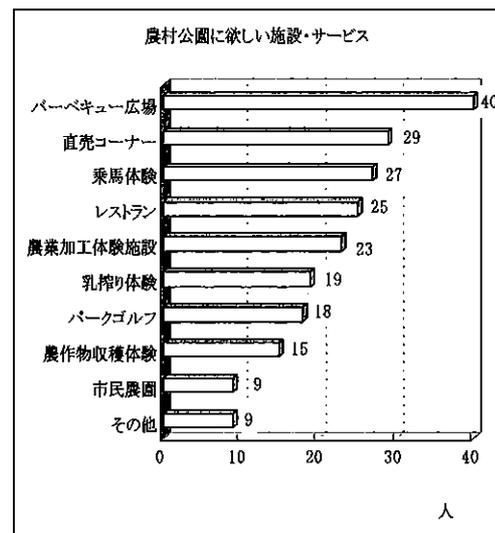


コンビーフづくり
乗馬(2名が回答)
お菓子づくり(ケーキなど)
地元農産物を利用した料理教室+味見
温泉掘り

(5) 農村公園に欲しい施設・サービス

農村公園に欲しい施設・サービスはバーベキュー広場が40名、56.3%と最も多く、ついで地場農産品直売コーナーが29名、40.8%、乗馬体験が27名、38.0%という結果となった。

自由記入欄には農業体験ができるオートキャンプ場や温泉市民農園などの意見が寄せられた。



農業体験が出来るオートキャンプ場
宿泊施設付き(温泉)市民農園
釣堀、温泉！、テニスコート
星を見る簡易天文台施設
道の駅みたいな施設
陶芸・染め物体験
ハーブ公園・売店
ピアガーデン
広大な芝生
キャンプ場(2名が回答)
温泉

(6) 自由記入欄

自由記入欄には回答者 71 名中、45 名 (63%) がなんらかの記入をおこなった。

内容としては「登別に温泉以外になにかあるのかわからない」、「登別に農業があるのを知らなかった」という意見が多く、温泉以外の部分での PR が不足している実状が明らかになった。

また、長期・安価に滞在できる施設への需要も明らかになり、従来の「1泊2日の温泉旅行」形態以外にも登別に対する潜在的需要が存在することが明らかとなった。

(7) アンケート結果の総括

今回対象とした回答者は、「インターネットを利用でき、かつ登別市のホームページにアクセスした人」に限られるため、一概にこの結果のみで観光ニーズのすべてを把握することは出来ない。また、質問の前提が農村観光を前提としたものとなっているため、農村観光そのものにどれだけのニーズがあるかは一概に判断できない。

しかし、比較的短期間の間に、400 を越えるアクセスがあり、70 名を越える回答を得られたことから考えても、登別市における農業農村との交流に興味をもっている観光客は相当数に達すると推測される。

また、内容的には酪農、乳製品に対する需要が目立ち、交流の方向としては酪農製品、牧草地などを活用したものが望ましいと考えられる。

なお、アンケートの集計結果についてはホームページ上で公開した。

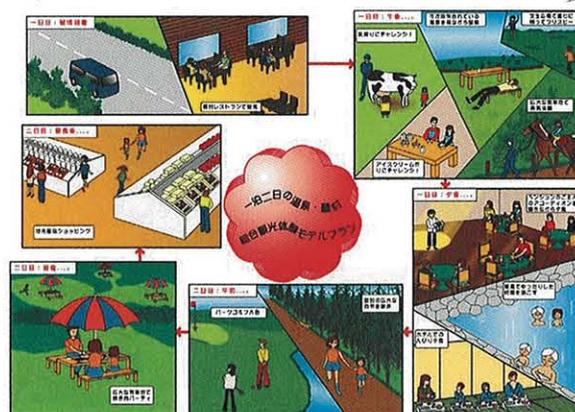
6. 調査結果の活用

インターネットによるアンケート結果、及びそれまでに行った各種の調査結果を活用して、「観光・農業連携拠点施設」の整備構想、及び地域の既存資源との連携による「一泊二日の温泉・農村総合観光体験モデルプラン」を策定した。

「観光・農業連携拠点施設」構想図



「一泊二日の温泉・農村総合観光体験モデルプラン」



7. 課題と今後の展望

本調査でのインターネットによるアンケート手法の課題としては、①調査票が簡易すぎて、十分な情報を得るに至らなかった事、②回答率が低い結果となった事、③自由記入欄には調査者の意図と異なる回答も見られた事、等があげられる。

それぞれの対策としては、①回答者に難解な印象を与えず、かつ十分なデータを得られるよう、数ページに分けたり、デザインを工夫するなどの対策を行う、②回答率を向上させるため、懸賞を用いること等を検討する、③回答にあたり事前に十分な情報が得られるよう、アンケートの入り口ページに対象地区の情報を簡潔に示す、④間口をひろげるため携帯電話からのアクセスを可能にする、等が考えられる。

また、本調査においては構想を策定するのみにとどまったが、これらの調査結果をもとにワーク

ショップ等を行い、構想をより地域の実情に即したものと昇華すると同時に地域づくりリーダー育成に向けての一助とすることも今後の課題となろう。

なお、弊社HPでは、都市・農村交流の方策を考える上での基礎資料とするべく、「農業・農村に関するアンケート調査」を実施中である。回答へのご協力をこの場をお借りしてお願いするとともに、アンケートの結果についてはHP上でリアルタイム集計を行い公開中であるので何かの参考にして頂ければ幸いである。

(<http://www.kankyohozen.co.jp>)

新しい考え方に基いた小水力発電所の計画例

サン技術コンサルタント株式会社（技術士） 高 島 康 夫
菊 池 建 一
宮 田 広 信
野 口 和 彦
島 田 元 樹

1. はじめに

水力発電は地球温暖化の原因となるCO₂等の排出が皆無なクリーンエネルギーを生み出す天与の循環資源であって、一旦発電設備が完成すれば、限りある地下埋蔵資源を燃料とする火力発電とは異なり、資源量は無尽蔵である。たとえ火力発電に比して初期投資が高く、計画時点においては経済性が得られないように見えても、長期的視野に立てば十分な収益性がある。(法定償却年数を過ぎた水力発電所が尚健在で順調に運転を継続し、利益を挙げている例は多々ある。)

ここで経済性という尺度は、時代と共に変化するものであり、石炭・原油・LNG・ウランなどの価格が、世界情勢の変動により変化してゆくことは、1970年代に経験したオイルショックを思い出しでも明らかである。よって、地下資源に乏しい我が国においては、目先の経済性にとらわれることなく、小水力を含めた水力開発は今後とも推進されるべきである。

しかしながら、戦後しばらく続いた高度成長期において我が国のめばしい水力資源はほぼ開発し尽され、残存するのはスケールメリットのない小水力地点が殆どである。これらの小水力地点を従来の計画、設計手法を踏襲して開発しても、発電原価は高価となり、到底(CO₂の排出を続ける)火力発電原価に比し得べくもない。

CO₂の排出を禁止する措置がとられれば火力

発電の原価は上昇し、相対的に水力発電原価は火力発電原価に比肩し得るものになるであろう。しかしながら我が国の電気料金制度は原価主義に立っているので、如何にクリーンエネルギーを生産する水力の優秀性を称えても、上記禁止措置が法制化されない限り、現実の電気料金は依然として(CO₂の排出を続ける)火力発電による原価によって決定され、小水力開発の推進はままならない現状である。

この現状を打開するための根本的方策は京都議定書に基くCO₂排出規制の法制化にあるが、一方、近時開発された新技術、新素材を応用した水力開発自体の計画、設計面におけるブレークスルーを考える余地も生じている。即ち、従来の流れ込み式小水力発電計画の定石は、発電に必要な落差を得るために、取水堰から略水平に近い勾配のトンネル水路を下流に連なる山嶽地帯に穿って発電所予定地点の裏山高所に設ける水槽迄を結び、水槽から水圧鉄管を通過して一気に落下する水のエネルギーによって発電する方式であった。

しかしながら、トンネル水路の建設費は高額であるため、建設費の太宗を水路工事費が占める流れ込み式水力発電所の発電原価は高価とならざるを得なかった。

今もし、水路の縦断勾配がほぼ水平の一定勾配でなければならぬとする従来の計画の定石を撤廃すれば情勢は一変する。即ちこの場合は取水堰

地点で取水した河水を河川勾配沿いに走る道路の縦断勾配と略同一の縦断勾配をもつトンネルによらない水路（暗渠、又は開渠水路）を通すことが可能となる。このような水路の建設費はトンネル水路の建設費に比して1/2～1/3で済む。しかしながら、このような縦断勾配をもつ水路とすれば、水路の全線にわたり内水圧が作用する。これが従来の流れ込み式水路の殆どが無圧トンネル式であるのとは異なる点である。従来の水路を無圧式にせざるを得なかった理由は内圧に耐える管材としては鋼管しかなく、鋼管式水路の建設費はトンネル水路と同様高額であったことにある。

ここで新機軸として近時開発された強化プラスチック管（FRPM管）に着目した。FRPM管の設計水圧（内水圧）はJISA 5350によれば1種管の13.5 kg/cm²から5種管の2.5 kg/cm²までの間がある。この値は今後建設されるであろう小水力流れ込み式発電所の水路に加わる内水圧を十分カバーしている。FRPM管を使用する暗渠水路の建設費はトンネル水路のそれに比し低廉である。（例えば内径2.0 m、3種管の延長m当り建設費20万円、トンネルの最低建設費40万円）従ってFRPM管水路式水力発電の経済性は向上し、従来開発を見送られてきた相当数の地点が甦ることとなる。次節以降において実例によってFRPM管水路式発電計画の発電原価が（CO₂の排出を続ける）火力発電の原価以下となることを証する。なお、FRPM管水路式流れ込み式水力発電計画の基本的考え方については文献^{1), 2)}を参照されたい。

2. 戸蔦別下流発電所（仮称）開発計画案の概要

本節以降においては、源を日高山脈南部の北戸蔦別岳（1912 m）および戸蔦別岳（1959 m）の東斜面に発し、約40 km 東流して十勝川の第1次支流である札内川に合流する戸蔦別川中流部において、FRPM管水路式流れ込み発電所を計画し、前節の論の例証を行うこととする。戸蔦別川中流

には通産指定の“札25川西測水所”があり、昭和36年1月1日より約43年にわたって流量観測が続けられているので、発電計画の策定が可能であり、得られる結果の信憑性は高い。戸蔦別川の下流部には下流より上流に向って順に、戸蔦橋、ポロシリ大橋および拓成橋の3橋が架せられている。これら3橋を含む河川区域は“とつたべつ川、アクア・スポーツ、生物観察、自然観察の拠点”と呼称され、総数15個の床固工が設置されている。（一部未設置）又、拓成橋下流には拓成湖が形成され、各所にカヌー・アクセスポイントがある。（写真-1）



写真1 戸蔦別川、戸蔦橋より上流を見る

従ってこの区域の上流部に計画される水力発電所は、これらの環境の現状に影響を与えない計画であることが必要条件である。上記の戸蔦橋は道々“上札内・帯広線”が戸蔦別川を最下流部で横断する橋である。この橋の右岸袂で道々より分岐する“拓成・戸蔦線”は戸蔦別川右岸沿いに走り上流拓成橋に達している。拓成橋直上流には川西農協の所有、運用に係わる川西発電所の取水堰“八千代発電ダム”および取水口が存在する。（写真-2、写真-3）



写真2 八千代発電ダム（川西発電所取水堰）

川西発電所は拓成橋より約 800 m 下流の戸蔦別川左岸に位置し、最大出力 160 kW で、昭和 27 年 1 月の竣工以降、途中蒙った数回の災害を克服し、現在迄順調に運転を継続している。この発電所の水路は内径 1.8 m のアーチ型コンクリート巻厚 15 ～ 25 cm の暗渠水路で、全区間拓成橋から帯広に向う一般道々 216 号、八千代帯広線に沿って埋設されており、通常の流れ込み式発電所で採用されるトンネル式水路とは異なるアイデアに基く設計である。(川西電力利用農業協同組合：“創立 20 年の歩み” 参照³⁾)

この水路の計画、設計の考え方は、FRPM 管使用がアーチ型コンクリート巻立水路に置換っている点を除けば、本論文で提唱する FRPM 管使用の暗渠水路の設計と同じ考え方であり(道路沿いの埋め込み水路) 実例として貴重な存在である。

次に上記の道々八千代帯広線を拓成橋より約 250 m 帯広方向に下った点を起点として帯広営林署所管に係わる“戸蔦別左岸林道”(6047 m) が反転して戸蔦別川左岸沿いに上流に向かって走っている。(図一 1、写真一 4、5)

本計画の戸蔦別下流発電所水路の大部分は拓成橋上流約 5 km 地点に設置予定の取水堰からこの林道沿いに、内径 2.0 m、延長 4300 m の FRPM 管水路を埋設し、拓成橋の約 600 m 上流左岸側に設けられる発電所に達する計画である。

(図一 1 参照)



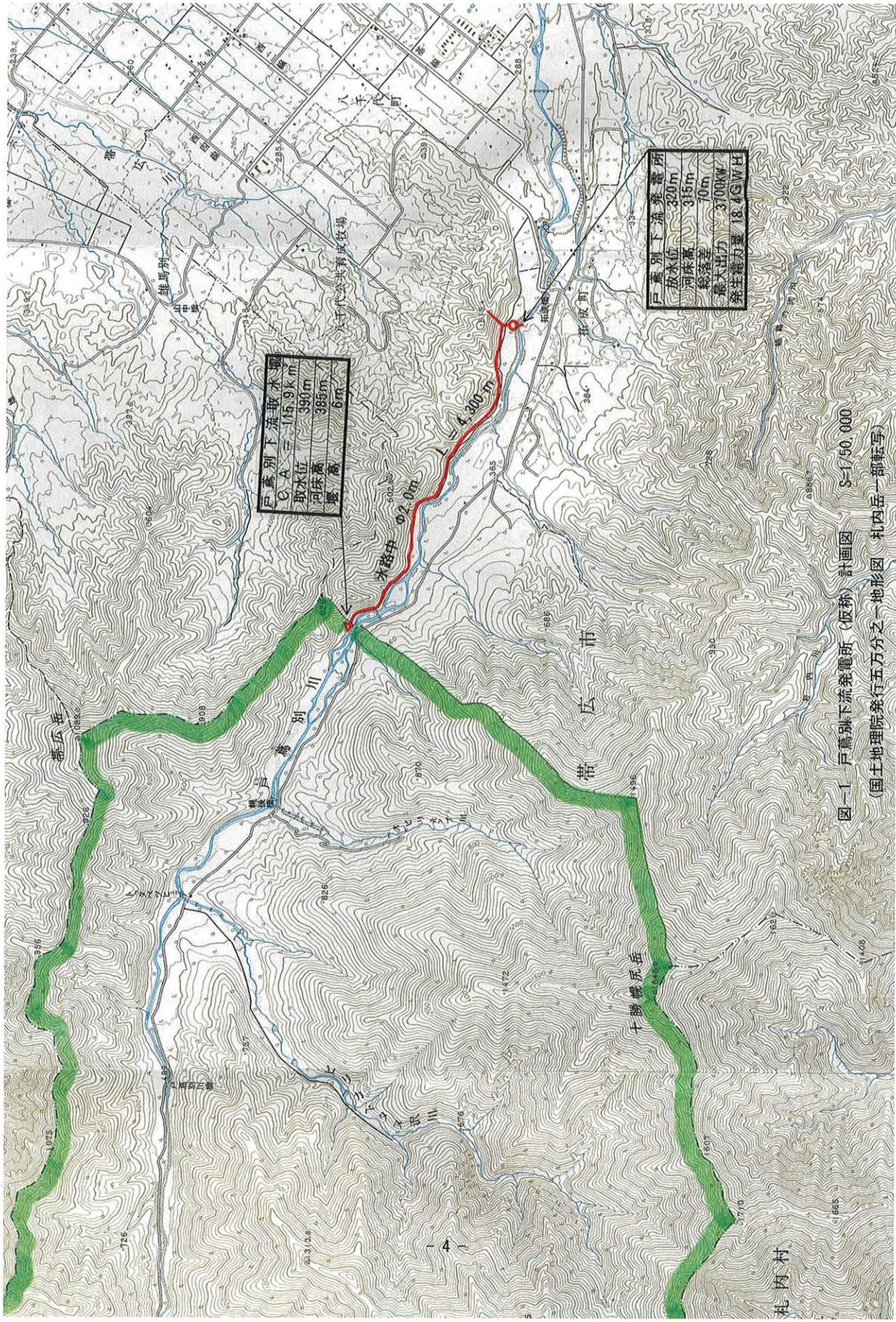
写真 3 川西発電所 水利使用標識



写真 4 戸蔦別左岸林道標識 (旧)



写真 5 林道不通個処 (災害) 付近の状況



图一1 戸高別下流発電所（仮称）計画図 S=1/50,000
 （国土地理院発行五万分之一地形图（札内岳一部転写））

しかしながら、2002年6月5日、6日の現地調査時においては、この林道始点より約2.5km侵入した地点において沢水出水のため、林道は切断され、これ以上の上流区間への車の進入は不可能であった。さらに徒歩による侵入も熊出没の危険があるので断念した。実際2002年9月9日の再調査の際、この付近の林道上にて野生熊に遭遇した。(余談ではあるが、このとき熊は我々の車に追われて前方の林道上を約2～300m疾走した後道端の熊笹の茂みに飛び込んで姿を隠した。このとき車の速度から判断すると熊の平坦道路上の全速は、約35km/hであり、藪の茂みや急斜面だけでなく、平坦地上の走行速度も手強いものであると感じた。)

さて、平成13年12月1日発行の2万5千分地形図“拓成”によると、この林道はさらに上流に伸びており、起点より約3km上流地点が終点(行き止まり)となっている。これに対して上記林道掲示板の延長6047m(写真—4)を勘案すると現林道は2万5千分図上の行き止まり点より約3km延長されている計算となるが、上記の事情により現地においてこれを確認することができなかった。本林道の在、不在は水路工事費の積算に大きく影響する。(林道が伸びておれば水路工事費は安くなる。)しかしながら、現地点においては安全をみて、上記2万5千分地形図の行き止まり点を終点として積算することとした。さらに、上記林道切断箇所は常時流水のない無名の小沢ではあるが、豪雨時の沢出水に備え、この沢横断部の水路は高架水路として工事費を積算した。

上記戸蔦別左岸林道に加えて戸蔦別川上流部右岸側には、前記道々拓成戸蔦線が拓成橋に達する直前点より分岐する、林野庁所管の林道“戸蔦別川林道”(延長11.069km)が上流に向かって伸びている。(図—1、写真—6)

この分岐点より約4.3km上流の戸蔦別川に砂防ダムが存在する。(写真—7参照)
この砂防ダムより約300m上流地点を本計画の取水堰位置に送定した。(図—1、写真—8)

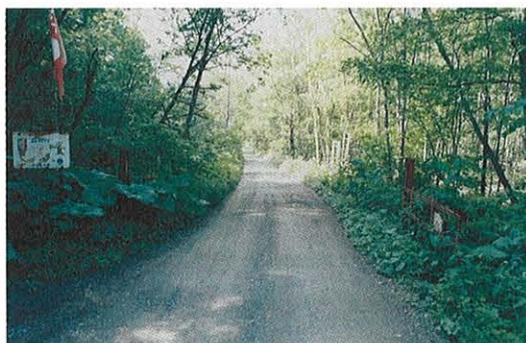


写真6 戸蔦別川右岸林道入口ゲート付近



写真7 砂防ダム溢流状況

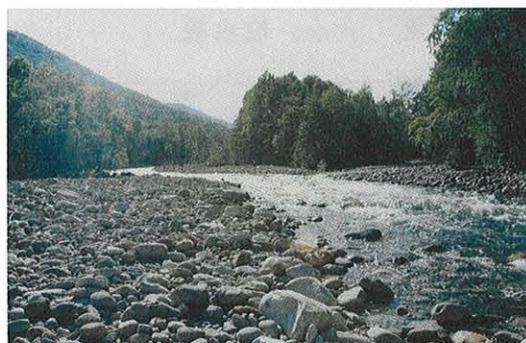


写真8 取水堰計画地点より上流を見る

本取水堰予定地点の基礎岩盤の調査は今後実施さるべき重要事項であるが、上記砂防ダムの健全から、本取水堰地点の送定に大きな誤りはないものと考えられる。

さらに、この砂防ダムの設計、工事記録を参考とすることにより、本取水堰の設計、施工はさらに確実なものになると考えられる。

なお、これら、水路、取水堰の工事費積算はその他の構造物、電気機器等の建設費積算を含めて戸蔦別下流発電所の計画諸元を纏めれば下記のとおりとなる。

戸蔦別下流発電所（仮称）計画諸元

参照地形図

- | | | | |
|-------------|---------------------------------------|-----|--|
| 1 / 500,000 | 北海道Ⅱ | 2・1 | 名称および所在地： |
| 1 / 200,000 | 夕張岳、帯広、広尾、浦河 | | 戸蔦別下流発電所（仮称）北海道帯広市 |
| 1 / 50,000 | 札内岳、幌尻岳、大正 | 2・2 | 取水河川： 1級河川 戸蔦別川 |
| 1 / 25,000 | ヒパロイ岳、幌尻岳、妙敷山、
札内岳、拓成、十勝清川、
上美生 | 2・3 | 発電方式：
流れ込み暗渠（FRPM管）水路式 |
| | | 2・4 | 取水堰地点および川西測水所における
集水面積：
取水堰地点 115.9 km ² 、川西測水所 117.9 km ² |

2・5 発電計画の諸元

取水位	最大取水量	放水位	総落差	損失落差	有効落差	最大出力	発生電力量
EL390m	120日流量 (7.44m ³ /s)	EL320m	70m	8.6m	61.4m	3700KW	18.4GWH

2・6 取水堰

堰名	型式	越流頂標高	河床高	堀削深	堰高	堤頂長
戸蔦別下流取水堰	自然越流型坊主ダム	EL390m	EL385m	1 m	6 m	100 m

2・7 水路

名称	内径	延長	仕様	最大使用水量	流速
戸蔦別下流発電所導水路	2.0m	4300m	FRPM管3種埋設水路	7.74m ³ /s	2.46m/s

2・8 発電所

型式	主機台数	有効落差	最大出力	年間可能発生電力量
地上式	2	61.4m	1850×2=3700KW	18.4GWH

2・9 地質概要

地質調査所発行の50万分の1地質図“釧路図幅第二号”によれば、本発電所計画地域は、取水堰、水路、発電所地点共、新生代の第四紀、更新生後期の地質で礫、砂および降下火砕堆積物（段丘および新期扇状地堆積物）となっており、Q₃とマークされている。次段階の調査において全構造物の基礎地盤についてボーリングを含む地耐力調査等の詳細調査が必要である。

3. 最適開発計画案の作成

前節に示した戸蔦別下流発電所計画諸元は以下に記述するトライアル計算の結果得られた最適案の諸値を纏めたものである。本節においてはこの最適案作成の手法を記述する。

3・1 最適案の作成方針

最適開発計画案は数個の最大使用水量候補値と、数個の水路内流速の候補値のそれぞれの組合せの内から、最低の発電原価を与える組合せをトライアルで求める。

3・2 最大使用水量

“中小水力発電ガイドブック”⁴⁾の記述によれば、流れ込み式水力発電所の最大使用水量は40～60日流量値が最適規模検討範囲となっている。

しかしながらガイドブックはトンネル水路をベースとした発電計画案を対象としている。しかしトンネル水路の場合、最小施工可能断面に制約されてある限度以下のトンネル断面の施工は不可能となる。これに対して本計画で採用するFRPM管埋設水路の場合は管径0.6m以上のFRPM管が市販されており、上記トンネルの場合の最小断面よりはるかに小断面の水路の建設が可能である。これは使用水量が小さい場合も検討範囲に含めるべきであることを示唆している。よって以下においては最大使用水量候補値として、40日、60日、80日、95日、100日、120日および140日流量の7流量を選び比較計算を行う。川西測水所および取水堰予定地点におけるこれらの7流量等を表-1に示す。

表-1 戸蔦別川流況⁵⁾、流量の単位：m³/s

	川西測水所	戸蔦別下流取水堰	流量設備利用率
流域面積 (Km ²)	117.9	115.9	
最大流量	74.28	73.0199	
35日流量	19.50	19.1692	
40日流量	18.465869	18.1526	0.380012
60日流量	14.783946	14.5332	0.441101
80日流量	11.813553	11.6132	0.504405
95日流量 (豊水)	10.04	9.8697	0.551532
100日流量	9.533216	9.3715	0.566729
120日流量	7.877567	7.7439	0.623108
140日流量	6.695999	6.5824	0.670723
185日流量 (平水)	4.94	4.8562	
275日流量 (低水)	2.08	2.0447	
355日流量 (渇水)	1.26	1.2386	
365日流量 (最小)	1.17	1.1502	
年平均流量	8.07	8.01	

3・3 水路内流速

最大使用水量時の導水路流速は2.0～2.5m/sの間内、最低の発電原価を与える流速値を選ぶものとする。これは2m/s以下の流速では水路内に水虫や藻が発生すること、および、2.5m/s以上では損失落差が急増し（損失落差は流速の2乗に比例する）最低の発電原価は得られないことは2、3の試算の結果明らかなることによる。しかして、本計画案のようにFRPM管水路を計画する場合、次のような制約条件が追加される。即ちFRPM管は市販品のサイズに制約されて連続して変化する直径（断面積）の管は得られないことである。（表－2）

表－2 FRPM管市販品のサイズ

内径 (m)	断面積 (m ²)	内径 (m)	断面積 (m ²)
0.8	0.50265	1.65	2.1382
0.9	0.6362	1.8	2.5447
1.0	0.7854	2.0	3.1416
1.1	0.9503	2.2	3.8013
1.2	1.1310	2.4	4.5239
1.35	1.4314	2.6	5.3093
1.5	1.7671		

上表のサイズに制約されてある流量候補値に対して採用可能なFRPM管のサイズはたかだか3種となる。この結果考えられる流量と流速の組合

せ数は表－3に示す12通りとなる。これらのそれぞれについてトライアルNO.を付し、最低の発電原価を与える組合せを求めることとする。

表－3 最大使用水量と水路内径の組合せ

最大使用水量 q (m ³ /s)	トライアル NO.	管径 (m)	断面積 (m ²)	流速 (m/s)	
60日流量 14.533	1	2.6	5.3093	2.737	
	2	2.6	5.3093	2.187	
80日流量 11.613	3	2.4	4.5239	2.567	
	4	2.4	4.5239	1.878	< 2.0
95日流量 9.8697	5	2.2	3.8013	2.5964	
	6	2.4	4.5239	2.072	
	7	2.2	3.8013	2.465	
100日流量 9.3715	8	2.0	3.1416	2.983	
	9	2.2	3.8013	2.037	
	10	2.0	3.1416	2.460	
120日流量 7.7439	11	1.8	2.5447	3.043	> 3.0
	12	2.0	3.1416	2.095	
140日流量 6.5824	13	1.8	2.5447	2.5867	
	14	1.65	2.1382	3.078	> 3.0

3・4 最大出力と年間発生電力量
各トライアル毎の損失落差、有効落差、最大出力、流量設備利用率および年間発生電力量の計算値を表-4に示す。この表中、導水路損失落差 h_1 は

周知の公式：
$$h_1 = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$
 を用いた。

式中のクッターの粗度係数 f の値は0.0115とした。その他損失は取水口、水路流出口、水車入口のバルブ等のロス、放水路の損失等で一律に0.92mとした。

最大出力は周知の公式： $P = 9.8 \cdot q \cdot H_e \cdot \eta$ を用いた。ここに q は最大使用水量、 H_e は有効落差、 η は水車発電機の総合効率で0.8とした。

年間発生電力量は算式： $8760 \cdot P \cdot \xi \cdot 0.9$ を用いた。ここに ξ は流量設備利用率で、川西測水所における戸蔦別川の流況曲線図より求めた。又式中の係数0.9は取水堰～放水口間の戸蔦別川減水区間に対する河川維持用水として必要となる取水堰からの放流量に対応する減電分を考慮した係数である。

表-4 最大出力と年間発生電力量 総落差 $H = 70$ m、水路延長 $L = 4300$ m

トライアル NO.	最大使用水量 m^3/s	損失落差 m	有効落差 m	最大出力 KW	流量設備利用率	年間発生電力量 MWh
1 (60日)	14.533	8.189	61.811	7042.7	0.442147	24550.1
2 (80日)	11.613	5.561	64.439	5866.9	0.505714	23391.6
3 (80日)	11.613	7.847	62.153	5658.8	0.553073	22561.9
4 (95日)	9.8697	5.924	64.076	4958.1	0.553073	21619.4
5 (95日)	9.8697	8.6509	61.3491	4747.1	0.553073	20699.4
6 (100日)	9.3715	5.4331	64.5669	4743.9	0.568352	21256.9
7 (100日)	9.3715	7.8882	62.1118	4563.5	0.568352	20448.5
8 (100日)	9.3715	12.1450	57.855	4250.8	0.568352	19047.4
9 (120日)	7.7439	5.6785	64.3215	3905.1	0.625072	19244.6
10 (120日)	7.7439	8.585	61.415	3728.6	0.625072	18374.8
11 (140日)	6.5824	6.4567	63.5433	3279.2	0.673033	17400.1
12 (140日)	6.5824	10.2984	59.7016	3081.0	0.673033	16348.4

4. 建設工事費積算と経済性評価

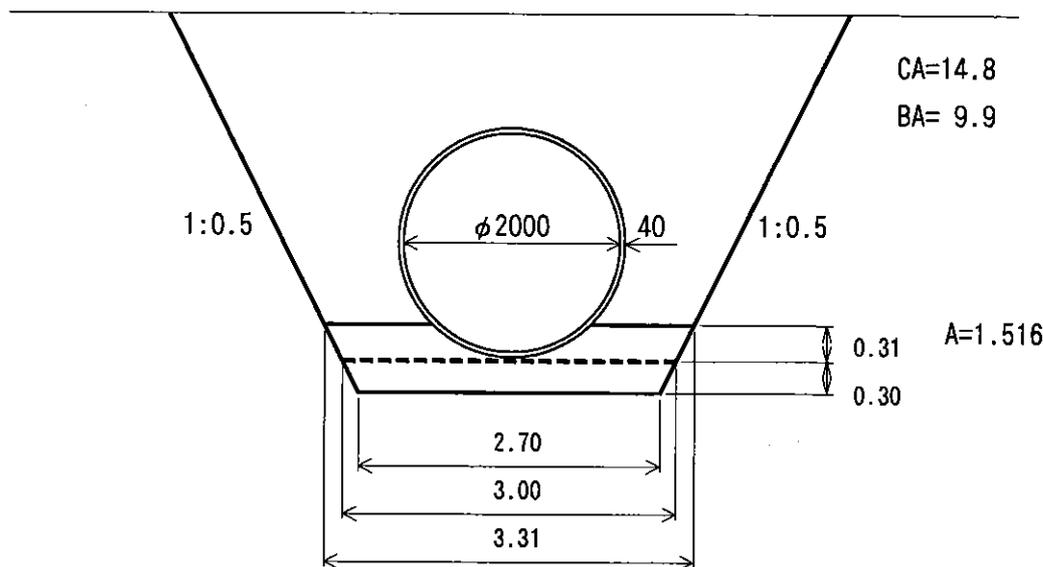
建設工事費の第1次積算は“中小水力発電ガイドブック”⁴⁾に記載されている積算基準によった。ただし、本計画の基幹をなす道路沿いの暗渠水路については同ガイドブックに記載がないので次記の基準に基づき別途積算した。即ち、本水路と同様な設計仕様による水路は当地方の農業土木分野で多くの実施例があるので、これら農業土木分野で用いられている基準単価を準用した。これにより、本計画の工事費の太宗を占める水路工事費の積算は信頼性の高いものとなった。建設工事費の積算は前節で取り上げた12組のトライアルのそれぞれについて計算し、その内で最低の発電原価を与える組合せを最適案として採用した。これらの積算の詳細内容は資料⁶⁾を参照されたい。以下

においては積算に際しての主要事項のみを記す。

4・1 取水堰は各トライアルに共通とし、取水水位 = 390 m、堤頂長 = 100 m、河床高 = 385 m、堰高 = 6 mと仮定した。よってガイドブック、P 169、第3図、P 170、第4図より取水堰コンクリート量(せき基準) = 7069 m^3 、取水堰工事費(堰設計基準) = 452.6 百万円となった。

4・2 FRPM管布設区間の水路工事は取水口につながる300 m区間以外は3種管を使用し、基礎形式は60°砂基礎とした。(内径2.0 mのときの標準断面図を図-2に示す) 工事単価は当地方の農業土木分野で用いられている基準単価を使用した。取水口直下流部300 m部分は岩盤内を通るトンネル水路とし、ガイドブックの基準の幌型(全巻)無圧トンネルの式を適用して積算した。

図-2 FRPM φ2000 60° 砂基礎管体断面図



4・3 水槽EL 420～310 m間、延長=150 m、
FRPM管1種使用

4・4 水圧管路 延長50 m×2条、
1種管使用

4・5 放水路 延長50 m、コンクリート暗渠

4・6 仮設備道路 戸蔭別左岸林道末端
より取水堰迄の間1900 mに設置

工事費 = 1900 m × 100,000 円/m = 190 百万円

各トライアル毎の建設工事費、発電原価、 c/v 等の計算値の総括表を表-5に示す。この表より、最適案はトライアルNO. 10のケースで生じ、総建設費42億円、発電原価は18.07円/KWh、 $c/v = 0.66$ と読み取れる。表-5中の最適案の建設工事費の内訳等を表-6に示す。

表-5 建設工事費、発電原価、 c/v

トライアル NO.	総工事費 百万円	建設費/KW 千円/KW	建設費/KWh 千円/KWh	発電原価、C 円/KWh	便益 V 円/KWh	C/V	
1	6106.6	867.1	248.74	19.899	27.2	0.732	
2	5714.6	974.0	244.30	19.544	27.2	0.719	
3	5359.6	947.1	237.55	19.004	27.2	0.699	
4	5121.8	1033.0	236.91	18.953	27.2	0.697	
5	4762.1	1003.2	230.06	18.40	27.2	0.677	
6	5051.0	1064.7	237.62	19.01	27.2	0.699	
7	4696.1	1029.1	229.65	18.37	27.2	0.675	
8	4355.9	1024.7	228.69	18.29	27.2	0.673	
9	4467.8	1144.1	232.16	18.57	27.2	0.683	
10	4151.0	1113.3	225.91	18.07	27.2	0.664	最適案
11	3987.0	1215.8	229.14	18.33	27.2	0.674	
12	3716.9	1206.4	227.36	18.19	27.2	0.669	

なお上記の c/v とは、個々の計画により得られる電力需給上有効な出力並びに発電電力量に、これを代替する電源を想定して算定した便益単価をそれぞれ乗じて合算することにより、当該発電計画の有する価値(V)を求め、建設に伴う費用

(C)と比較して、当該計画の経済性を判定するための指標である。(ガイドブック、P 23) わかり易く言えば、開発予定地点の水力の発電原価(C)と、これに相当する火力発電の原価(V)との比である。

表-6 戸幕別下流発電所建設工事費及び発電原価

建設工事費の単位=百万円

トライアルNO.	10	
最大使用水量	(120日流量) 7.7439 $v = 2.465$ $\phi = 2.0$ $He = 61.415$	
(1)土地補償費	156.4	$\Sigma(2) \sim (5) = 3127.2$ 3127.2×0.05
(2)建物関係	77.4	$0.084 \times 3728.6^{0.83}$
(3)土木関係 ①+③	1897.5	
①水路	(1716.8)	
a.取水ダム	452.6	
b.取水口	55.5	$2.0/2 \times 7.744, 19.7 \times 7.744^{0.506}$
d.導水路	1006.9	$3900 \times 204.781 + 208.3$
e.水槽	34.8	150×231.781
g.水圧管路	23.2	$50 \times 231.781 \times 2$
h.放水路	28.3	$1.09 \times 7.7439^{0.379} = 2.368, 175 \times 2.368^{1.36} \times 50$
i.放水口	33.7	$1.0 \times 7.7439, 9.6 \times 7.7439^{0.613}$
$\Sigma(a \sim i)$		(1635.0)
j.雑工事	81.8	
③機械装置	(180.7)	
k.基礎	125.8	$7.7439 \times 61.415^{2/3} \times \sqrt{2} = 170.474$ $0.0595 \times 170.474^{1.19}$
l.諸装置	54.9	$(1705.6 + 125.8) \times 0.03$
(4)電気関係	695.3	$P/\sqrt{He} = 475.783$ $12.8 \times 475.783^{0.648}$
(建物、土木、電気の計)		(2670.2)
(5)仮設備費	457.0	$2670.2 \times 0.1 + 190$
(6)總係費	531.6	3127.2×0.17
(7)小計 $\Sigma(1) \sim (6)$	3815.2	
(8)建設中利子	297.6	$(7) \times 0.4 \times 0.065 \times 3$ $= (7) \times 0.078$
(9)分担関連費	38.2	$(7) \times 0.01$
(10)總工事費 $\Sigma(7) \sim (9)$	4151.0	
最大出力 KW	3728.6	
年間電力量 MWh	18374.8	
KW当り建設費 千円/KW	1113.3	
KWh当り建設費 千円/KWh	225.91	
年経費 円/KWh	18.07	経費率=8%
便益 V 円/KWh	27.2	
C/V	0.664	最小値

上記最適案の計算結果にさらに昭和57年度に創設された“水力発電施設の設置等に係わる補助金”制度の補助率30%を適用すれば発電原価は12.65円/KWh、これに相当するc/vの値は0.465となり、新鋭火力の発電原価の半分以下となる。しかしてc/v算出の基準となっている新鋭

火力の発電原価は27.2円/KWhとして与えられているが(中小水力発電ガイドブックP141参照)、この基準火力単価には火力発電によって発生するCO₂排出防止の費用は含まれていない。よってもしこの費用を含めると上記27.2円はより高額となり、これと対比するc/vの値はさらに低くなる。

さらに加うるに、本計画のように土砂基盤上にFRPM管を埋設する水路は前例がない。(FRPM管を水路とした水力発電所としては筆者の知る限りでは鳥取県加地発電所⁷⁾があるが、この水路の大部分は土砂地盤ではなく、岩盤上の水路として建設されている。)よって本計画の水路は前例のない新技術を適用して建設される発電用水路である。このような新技術適用の開発計画に対しては上記補助率は50%が適用される。よって補助率50%適用の場合を計算すると発電原価は9.04円/KWhとなり、10円/KWhを切る原価となる。

この原価がCO₂の排出が禁止された火力発電の原価、あるいは核廃棄物の最終処理費用を含めた原子力発電の原価より低額であることを確信するものである。

なお、近時水力発電計画案の優劣比較には火力原価との比較をしないKWh当り発電原価のみに着目する傾向にあるように見受けられるが、上記のようにCO₂排出防止費用を考慮するときは、c/v指標が有用となる。よって本論文においてはKWh当り発電原価とc/v指標を並記することとした。

5. むすび

出力3000KW程度以下の流れ込み式水力発電計画はスケールメリットがないとして、従来検討対象からはずされてきた。従って3000KW程度以下の小流域の計画地点は手つかずの“未着目資源”として道内に多数残存する。本論文はこれら未着目地点の一つである戸蔦別川水力資源に着目し、近時開発された新素材である強化プラスチック管を既存道路沿いの暗渠水路として埋設することにより、発電原価の低廉な小水力発電所の開発が可能であることを論じたものである。

開発方式として流れ込み水路式発電方式を採用したので戸蔦別川の河川流量は形、大きさを変えることなく、そのまま発電所を通過し、再び戸蔦別川に還流されるので下流域の環境、とくに“と

つたべつ川、アクアスポーツ、生物観察、自然観察の拠点”に与える影響は皆無である。

検討結果、戸蔦別下流発電所の最大出力は3700KW、年間発生電力量18.4GWh、総工事費42億円、発電原価9円/KWh(補助率50%適用)となり充分採算性のある地点であることが確認された。

この規模の発電所出力は略2000戸の電灯、電力需用に見合う。電力自由化の今日、本水力発電所は、電気事業者は勿論であるが、土地改良区、農業協同組合などの農業団体、水道等の公共事業体、地元市町村等が手掛けるのに格好の規模である。本論文がこれら諸事業者の水力開発参入への積極的な意欲の喚起に結びつくものであることを期待して止まない。

謝辞：本論文の執筆にあたり、貴重な情報、資料の提供を戴いた野中則彦氏、有賀茂氏、市川勇氏に深甚の謝意を表します。

参考文献、資料

1) 高島康夫、宮田広信、島田元樹：“北海道における小水力発電計画に関する一手法について”、土木学会北海道支部、平成12年度論文報告集、第57号、II-31

2) 高島康夫：“流れ込み式小水力発電計画の新しい考え方”、(社)北海道測量設計業協会、北測協第43号2002年1月号、P50～52

3) 川西電力利用農業協同組合：“創立20年の歩み”1973.2、昭和48年2月4日

4) 新エネルギー財団水力本部：“中小水力発電ガイドブック(新訂5版)、平成14年2月

5) 通商産業省資源エネルギー庁：“流量要覧
(北海道通商産業局管内)”平成8年度版 P 19

6) サン技術コンサルタント(株):北海道日高
山脈南東部戸蔦別川における戸蔦別下流発電所
(仮称)開発計画案、2002年6月(社内資料)

7) 鳥取県企業局開発課 米澤薫：“水力発電技
術開発利用(一体型実証試験)による加地発電所
建設について”

以上

大野ダムの基礎処理と試験湛水について

(株)三祐コンサルタンツ札幌支店 技術部第1課 及 川 裕 義

1. はじめに

大野ダムは、北海道亀田郡大野町字中山地内にあり、渡島半島のほぼ中央部に位置し、渡島半島の脊梁をなす標高800m前後の山頂に流れを發する二級河川大野川水系中二股沢川に築造されたダムである。

本ダムは、本体工事を平成9年2月に着工し、平成12年9月にコンクリート打設を完了した。その後、平成13年12月から試験湛水を開始し、常時満水位を28日間保持した後、LWL302.0mまで落水し、平成14年6月に試験湛水を完了した（写真-1）。

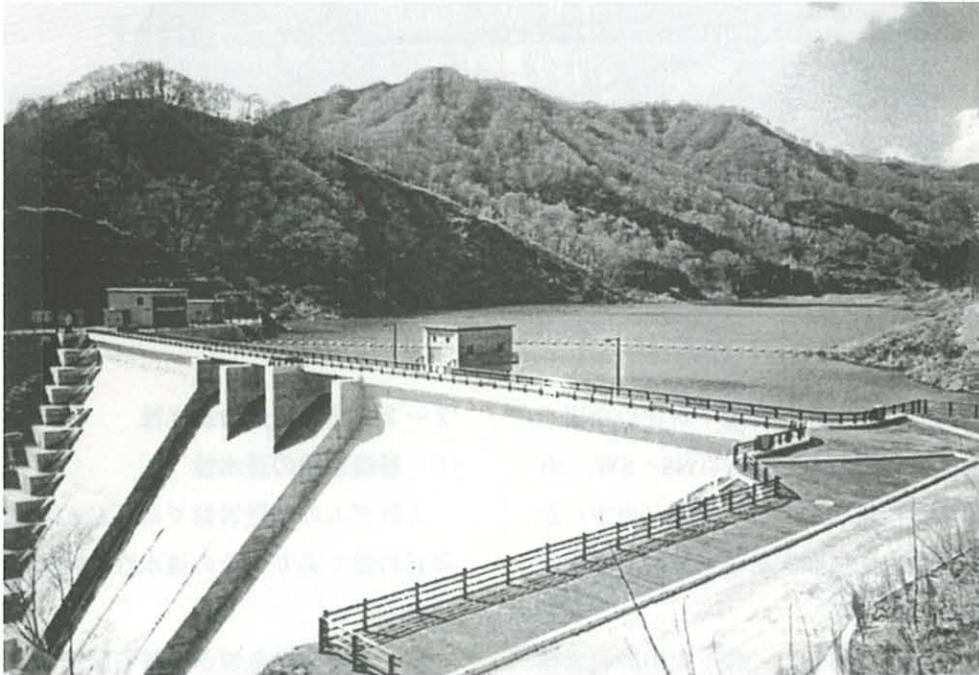


写真-1 大野ダム満水状況

2. ダムの概要

大野ダムは、二級河川大野川の下流右岸に位置する畑地帯560haの農業用水の確保と大野町の水道用水の安定供給を目的とした、堤高47.5m、堤頂長160.0m、堤体積98千 m^3 の重力式コンクリートダムである。

大野ダムの特徴は、河床部基礎において被圧地下水が確認され、一般のダムと比較して揚圧力分

布が異なる過剰な揚圧力が発生すると想定されたことから、河床部(5～7ブロック)は貯水圧100%とした箱形の揚圧力分布で堤体設計を行っていること、右岸地山において、高透水帯が深部まで分布しており、地下水位も常時満水位より低いことから、常時満水位と難透水層が交差する位置まで、地山奥方向に117mのリムグラウチングを実施したことである。ダム平面図を図-1に示す。

2-1 ダムサイトの地形・地質

ダムサイト周辺は、かなり急峻な早壮年期山地地形をなし、大野川本流及び中二股沢川も各所でV字型の溪谷を形成する。

ダムの斜面勾配は、左岸部で約35°、右岸部で約

40°である。兩岸の地形は非対称的であり、右岸部はドーム状の突出した山体で、その裏側は鞍部となっているのに対して、左岸部は幅広い尾根の末端部に当たる。



図-1 ダム平面図

貯水池周辺の地質は、新第三紀中新世の戸田川層及び峠下火山碎屑岩類が分布し、NS-SW, 30~50° NWの走行傾斜を示し、下流側（南方）から上流側（北方）方向に順次新しい地層が堆積する同斜構造をなす。

戸田川層は頁岩を主体とし、峠下火山碎屑岩類は下部が砂岩、火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩の互層、上部が主として安山岩質凝灰角礫岩からなる。また、戸田川層や峠下火山碎屑岩類(下部)中には、大小のひん岩岩体が貫入している。貫入状態は、地層の構造と調和的であることから、餅盤（ラコリス）と考えられる。

ダムサイトに分布する地質は、戸田川層の頁岩及び貫入岩のひん岩と、これらを覆う第四紀の未固結堆積物からなる。ダムの基礎岩盤となるのはひん岩である。

2-2 基礎岩盤の透水性

(1) 基礎岩盤の透水性

大野ダムの基礎岩盤であるひん岩は、亀裂性の硬質岩盤であり、その透水性の特徴は以下の通りである。

- ① 新鮮部は亀裂が方解石脈でほぼ充填されており、基本的には2Lu以下の難透水性（方解石脈充填率50%以上）となっている。
- ② 右岸部では亀裂を充填していた方解石脈が溶脱（方解石脈充填率50%未満）されており、高透水部が深部まで分布する。
- ③ 河床～左岸部は比較的浅部から新鮮部が分布していることから、難透水性岩盤が主体となっている。
- ④ 河床部から右岸深部にかけては、方解石が溶脱しているため、所々に20Lu以上の高透

水部が目玉状に分布する。

- ⑤ 左岸部に存在する小断層に沿っては、2～5Luを示す透水性のわずかに高い部分が分布する。

(2) 地下水位

- ① 左岸部：地形に沿って自由地下水面を形成する。
ダム軸沿いでは、測点No. 1付近から山側でEL310m付近、川側でEL295～285mに地下水位を形成する。
- ② 河床部：ダム軸沿いでは、EL290～285mに地下水位が形成される。(河床標高はEL280m)
ダム軸下流の4箇所のボーリング孔(BH 2-4, BH 4-3, BH 4-4, BH 4-5)では、地下水が自噴し、その水頭はEL290m付近に形成される。
- ③ 右岸部：山全体として、EL290m付近に地下水位が形成される。
ボーリング掘進時には、地下水位よりも上位では孔内水位がなく、地下水位に達すると安定した孔内水位となる。
また、頁岩分布域では、頁岩中にひん岩とは別に自由地下水面が形成されており、BH 3-9地点ではEL335m付近でほぼ一定している。

(3) 被圧地下水

(a) 被圧地下水の分布と水位変動

地下水の被圧現象が確認されたのは、ダム軸よりも下流側の河床部の4孔(BH 2-4, BH 4-3, BH 4-4, BH 4-5)のみであり、その水頭はEL290m前後で、周辺の自由面地下水位と同程度である。

これらの孔を湧水状態にすると、左右岸の地下水位が低下する現象が生じた。また、被圧地下水の水頭は降雨により変動する。

(b) 水理構造

- ① 河床部、特に堤趾部より下流の浅部では割れ目が少なく、かつ、割れ目も方解石脈ではほぼ充填され、難透水性ゾーンとなっている。そのため、ボーリング掘削時に相対的に亀裂が多く、方解石脈の溶脱した比較的透水性の高い割れ目を貫くと自噴することがある。
- ② 被圧地下水の水質は、河川水やダムサイト左右岸地山の地下水と類似している。
- ③ 被圧地下水は、水位変動や水質分析結果より、左右岸地山の自由面地下水を起源としていると考えられる。

3. 基礎処理

3-1 コンソリデーショングラウチング

(1) 計画

(a) 目的

堤体着岩部付近の基礎岩盤の均一化と、堤体コンクリートとの一体化を図ることを目的とした。

(b) 改良目標

10Luを改良目標値とし、規格値は設けず最終次数孔において10Lu以下100%とした。ただし、河床付近の湧水が存在する部分では、コンクリート打設に支障がないような湧水量となるまでの改良を計画した。

(c) 施工範囲

堤体基礎部を対象とするが、堤体下流域から洪水吐部静水池部にかけては被圧水が分布し、コンクリート打設に支障が生じると考えられることから、洪水吐静水池基礎部も施工対象とした。

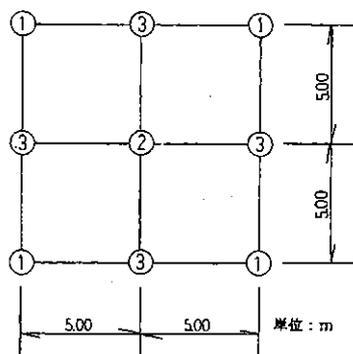
(d) 施工時期

堤体河床部から洪水吐静水池部にかけては、堤体一次掘削完了後に施工した。堤体両岸アバット部は、堤体コンクリートが2リフト(3m)以上打設された後、堤体コンクリート打設面から施工した。

(e) 孔配置及び孔深度

孔配置は原則として5m正方形配置とし、改良目標値以上が確認された孔に隣接して追加孔を設

ける計画とした。孔深度は、掘削面直交方向で5.0mとし、鉛直方向では最大7.5mとした(図-2)。



①:1次孔 ②:2次孔 ③:3次孔

図-2 堤体部及び洪水吐静水池部コンソリデーショングラウチング孔配置図

(2) 施工結果

表-1に施工仕様一覧表を、表-2に堤体部コンソリデーショングラウチング施工実績一覧表を、表-3にルジオン値・単位セメント注入量非超過確率85%値一覧表を、図-3にコンソリデーション

超過確率図を示す。

堤体部コンソリデーショングラウチングは、最終次数孔で10Lu以下100%とする改良目標値を5次孔で満足しており、所期の目標は達成されたと判断した。

表-2 堤体部コンソリデーショングラウチング施工実績一覧表

場所	次数	孔数 (孔)	ステージ数 (st)	注入延長 (m)	平均ルジオン値(Lu)	注入セメント量 (kg)	平均単位セメント 注入量(kg/m)
堤体部	1次孔	59	60	345.8	5.0	11772.4	25.6
	2次孔	57	57	336.5	5.8	8966.7	25.5
	3次孔	115	115	669.3	2.9	19548.6	25.4
	4次孔	23	23	145.8	5.2	4306.6	28.9
	5次孔	4	4	23.0	3.4	424.7	7.9
	計	258	259	1520.4	4.2	45019.0	25.4

表-3 ルジオン値・単位セメント注入量非超過確率85%値一覧表

施工箇所	次数	ルジオン値非超過確率85%値 (Lu)	単位セメント注入量非超過確 率85%値(kg/m)
堤体部	1次孔	13.8	41.8
	2次孔	13.5	51.3
	3次孔	6.0	13.6
	4次孔(追加孔)	8.4	42.8
	5次孔(追加孔)	-	-

表-1 施工仕様一覧表

工種 内訳	コンソリデーショングラウチング	カーテングラウチング										
ボーリング工	ロータリー式ボーリングマシン、φ46mm	ロータリー式ボーリングマシン、φ46mm										
注入方式	ステージグラウチング	ステージグラウチング										
施工順序	1次孔、2次孔、3次孔、追加孔	パイロット孔、上流A列(1~3次孔)、下流B列(4次孔)、追加孔(B列)、チェック孔										
ステージ長	5.0m、最終ステージは、7.5m以下	5.0m、最終ステージは、7.5m以下										
注入材料	高炉セメントB種+分散材0.5%	高炉セメントB種+分散材0.5%										
配合切り替え	注入開始配合											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ルジオン値</th> <th>開始配合(C:W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①Lu<10</td> <td>1:8</td> </tr> <tr> <td>②10≤Lu<20</td> <td>1:4</td> </tr> <tr> <td>③20≤Lu</td> <td>1:2</td> </tr> </tbody> </table>		ルジオン値	開始配合(C:W)	①Lu<10	1:8	②10≤Lu<20	1:4	③20≤Lu	1:2		
	ルジオン値	開始配合(C:W)										
	①Lu<10	1:8										
②10≤Lu<20	1:4											
③20≤Lu	1:2											
配合切り替え基準												
配合(C:W)	Lu	1:8	1:6	1:4	1:2	1:1	計					
注入量 (l)	①	200	500	500	500	2300	4000					
	②			500	500	3000	4000					
	③				500	3500	4000					
配合切り替え	注入開始配合											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>ルジオン値</th> <th>開始配合(C:W)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①Lu<5</td> <td>1:8</td> </tr> <tr> <td>②5≤Lu<10</td> <td>1:6</td> </tr> <tr> <td>③10≤Lu<20</td> <td>1:4</td> </tr> <tr> <td>④20≤Lu</td> <td>1:2</td> </tr> </tbody> </table>		ルジオン値	開始配合(C:W)	①Lu<5	1:8	②5≤Lu<10	1:6	③10≤Lu<20	1:4	④20≤Lu	1:2
	ルジオン値	開始配合(C:W)										
	①Lu<5	1:8										
②5≤Lu<10	1:6											
③10≤Lu<20	1:4											
④20≤Lu	1:2											
配合切り替え基準												
配合(C:W)	Lu	1:8	1:6	1:4	1:2	1:1	計					
注入量 (l)	①	500	500	500	500	2000	4000					
	②		500	500	500	2500	4000					
	③			500	500	3000	4000					
	④				500	3500	4000					
透水試験		1st:0.5⇔1.0⇔1.5⇔2.0⇔3.0⇔4.0 2st:0.5⇔1.0⇔1.5⇔2.0⇔3.0⇔4.0⇔5.0⇔6.0 3st:0.5⇔1.0⇔1.5⇔2.0⇔3.0⇔4.0⇔5.0⇔6.0⇔8.0 4st 以深:0.5⇔1.0⇔1.5⇔2.0⇔3.0⇔4.0⇔5.0⇔6.0⇔8.0⇔10.0										
水押しテスト	1st:1.0→2.0→3.0	1st:1.0→2.0→3.0 2st:1.0→3.0→5.0 3st:1.0→3.5→6.5 4st:1.0→4.5→8.0 5st:1.0→5.5→10.0 6st 以深:1.0→6.0→11.0										
注入圧力	1st:3.0 kg/cm ²	st	1	2	3	4	5	6以深				
		注入圧力(kg/cm ²)	4.0	6.0	8.0	10.0	12.0	14.0				
注入速度規制	4 l/min/m	4 l/min/m										
注入完了基準	注入規定圧力に達し、0.2 l/min/m以下となつてから30分間のため押し後とする。	注入規定圧力に達し、0.2 l/min/m以下となつてから30分間のため押し後とする。										
改良目標値	最終次数孔で10Lu以下非超過確率100%	最終次数孔で2Lu以下非超過確率85%										
追加孔基準	最終次数孔で10Lu以上→孔の周辺4箇所追加孔施工	追加基準値4Lu										

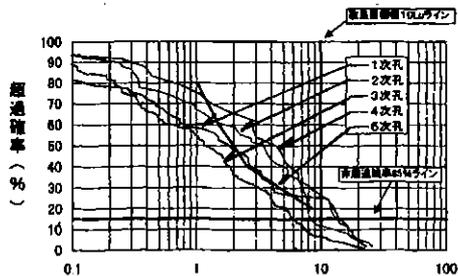


図-3 コンソリデーション超過確率図

ルジオン値 (Lu)

No.	月別	件数	平均値	最大値	標準偏差	15.0%	5.0%	10Lu	5Lu
2	1次孔	80	5.0	23.2	6.6	12.2	20.3	25.0	28.7
3	2次孔	37	3.8	28.0	6.0	12.2	18.7	26.2	30.0
4	3次孔	113	2.9	22.2	4.1	6.0	11.2	6.0	20.0
5	4次孔	23	8.2	20.5	5.1	6.4	10.7	6.7	42.0
6	5次孔	4	3.4	6.4	3.4	-	-	0.0	28.0
	合計	267	4.2	32.6	6.6	-	-	-	-

3-2 カーテングラウチング

(1) 計画

(a) 目的

堤体基礎及び両岸リム部を通る浸透水を抑制するとともに、堤体に作用する揚圧力の軽減を目的とした。

(b) 改良目標

2 Luを改良目標値、4 Luを規格値として最終施工のB列孔の注入前水押しテスト結果により判定

した。

(c) 施工範囲

カーテングラウチングの施工範囲は、貯水位、基礎地盤の透水性、地下水位などを考慮してレジオンマップにより決定した。即ち、施工範囲は、左岸リム部においては地下水位が常時満水位と交わる範囲まで、右岸部は常時満水位と改良目標値である2 Lu以下の難透水層が交差する位置までとした。基礎処理計画図を図-4に示す。

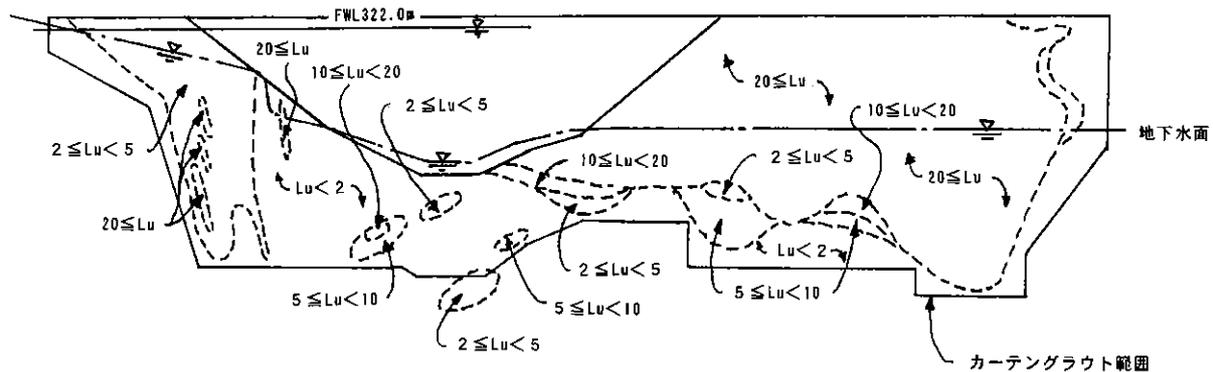


図-4 基礎処理計画図

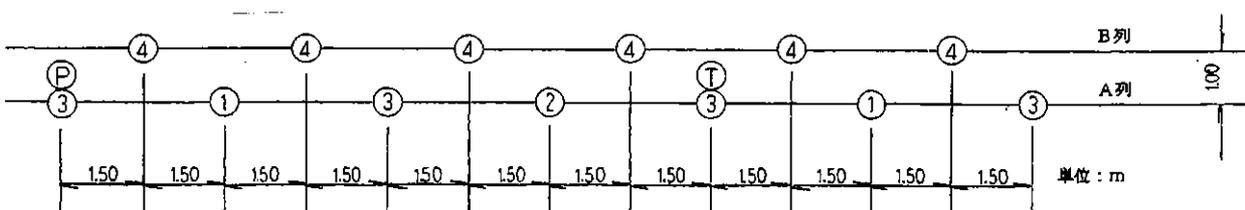
(d) 施工時期

両岸リム部は、堤体関連工事に影響されないため、堤体掘削と同時期に施工した。

堤体部は、堤体コンクリート打設完了後施工した。

(e) 孔配置及び孔深度

基礎地盤の透水性を考慮して、透水性が比較的小さい堤体河床部から左岸リム部ではAパターンとして孔間隔3.0m、列間隔1.0mの2列千鳥型配列とした(図-5)。

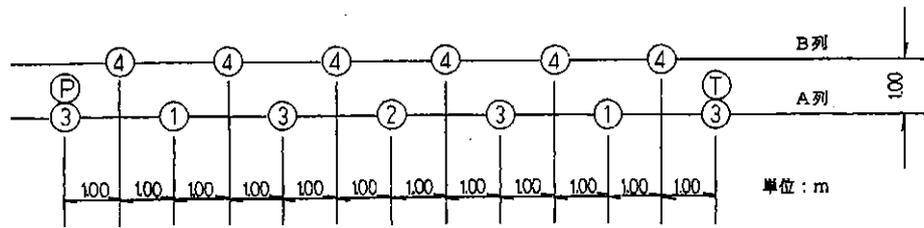


P:パイロット孔 1:1次孔 2:2次孔 3:3次孔 4:4次孔 T:チェック孔

図-5 カーテングラウチングAパターン孔配置図

透水性が比較的大きい堤体右岸側から右岸リム部ではBパターンとして孔間隔2.0m、列間隔1.0m

の2列千鳥型配列とした(図-6)。



P:パイロット孔 1:1次孔 2:2次孔 3:3次孔 4:4次孔 T:チェック孔

図-6 カーテングラウチングBパターン孔配置図

孔深度は、改良目標値の $2Lu$ を越えるものが連続して分布する範囲をカバーする深度とし、河床部で31m、堤体左岸側で31~73.5m、左岸リム部で15.5~59m、右岸リム部で39~84.5mとした。

(ただし、深部に存在する $2Lu$ 以上の透水層でも、P-Q曲線が閉鎖型を示す場合は、改良の対象としない。)

(2) 施工結果

表-1に施工仕様一覧表を、表-4にカーテングラウチング施工全体集計表を示す。図-7にカーテングラウチング超過確率図を示す。

(a) 左岸リム部カーテングラウチング

最終次数孔でレジオン値の非超過確率85%値が $1.2Lu$ となり、チェック孔では $0.9Lu$ となり、左岸リム部カーテングラウチングは、改良目標値 $2Lu$ 以下という所期の目的は達成されたと判断した。

(b) 堤体部カーテングラウチング

最終次数孔でレジオン値の非超過確率85%値が $0.7Lu$ となり、チェック孔では $0.9Lu$ となり堤体部カーテングラウチングは、改良目標値 $2Lu$ 以下という所期の目的は達成されたと判断した。

(c) 右岸リム部カーテングラウチング

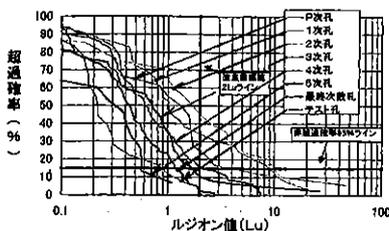
最終次数孔でレジオン値の非超過確率85%値が $0.6Lu$ となり、チェック孔では $0.8Lu$ となり、右岸リム部カーテングラウチングは、改良目標値 $2Lu$ 以下という所期の目的は達成されたと判断した。

表-4 カーテングラウチング施工全体集計表

場所	次数	一般注入工法							
		孔数 (孔)	ステージ数 (st)	注入延長 (m)	平均ルジオン値 (Lu)	85%ルジオン値 (Lu)	注入セメント量 (kg)	平均単位 セメント注入量 (kg/m)	85%単位 セメント注入量 (kg/m)
左岸リム部	パイロット孔	2	17	84.5	4.2	4.5	—	—	—
	1次孔	4	28	141.5	3.4	9.2	7464.9	53.5	123.6
	2次孔	3	19	97.5	3.7	10.1	4202.4	43.8	139.9
	3次孔	7	38	191.0	1.6	1.7	1426.3	7.8	14.7
	4次孔	14	77	382.0	1.3	2.2	6196.5	16.2	32.3
	5次孔	7	14	53.5	0.3	0.6	61.4	1.2	3.7
	最終次数孔	14	77	382.0	0.6	1.2	3740.5	9.9	16.7
	チェック孔	3	17	102.1	0.4	0.9	—	—	—
計	40	210	1052.1	1.9	—	19351.5	22.6	—	
堤体部	パイロット孔	11	108	630.4	6.5	9.6	—	—	—
	1次孔	16	134	653.0	2.5	5.4	54391.4	82.8	94.0
	2次孔	16	132	660.1	2.0	3.5	33925.4	51.5	34.8
	3次孔	32	262	1311.4	1.1	1.8	15467.3	12.0	12.1
	4次孔	64	538	2701.5	0.7	1.1	21247.9	7.9	7.4
	5次孔	19	42	210.0	1.2	1.5	667.1	3.1	5.6
	6次孔	2	2	10.0	1.2	—	18.0	1.8	—
	最終次数孔	64	538	2701.5	0.4	0.7	7694.6	2.9	6.1
	チェック孔	17	146	654.7	0.5	0.9	—	—	—
	計	177	1364	6831.1	1.7	—	125717.1	22.9	—
右岸リム部	パイロット孔	5	96	477.0	34.9	44.1	—	—	—
	1次孔	15	228	1103.5	4.6	10.1	394651.1	348.6	707.9
	2次孔	15	226	1099.0	1.9	4.2	85301.7	76.1	165.5
	3次孔	29	449	2170.5	0.9	1.3	72122.2	33.1	47.2
	4次孔	59	885	4413.5	0.5	0.8	84805.6	19.2	17.9
	5次孔	22	38	184.0	0.9	2.0	1824.4	10.2	22.4
	最終次数孔	59	885	4413.5	0.4	0.6	60051.6	13.6	16.7
	チェック孔	8	114	580.9	0.4	0.8	—	—	—
計	153	2036	10028.4	2.8	—	638705.0	70.6	—	
合計	パイロット孔	18	221	1191.9	—	—	—	—	—
	1次孔	35	390	1898.0	—	—	456507.4	—	—
	2次孔	34	377	1856.6	—	—	123429.5	—	—
	3次孔	68	749	3672.9	—	—	89015.8	—	—
	4次孔	137	1500	7497.0	—	—	112250.0	—	—
	5次孔	48	94	447.5	—	—	2552.9	—	—
	6次孔	2	2	10.0	—	—	18.0	—	—
	最終次数孔	137	1500	7497.0	—	—	71486.7	—	—
チェック孔	28	277	1337.7	—	—	—	—	—	
計	370	3610	17911.6	—	—	783773.6	—	—	

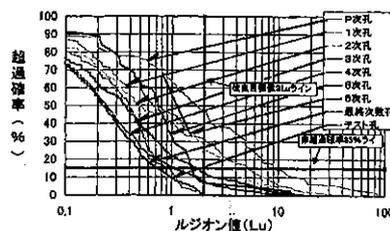
注1)最終次数孔の値は、追加孔の値を4次孔に振り替えたものである。

注2)孔数、ステージ数、注入延長、平均ルジオン値、注入セメント量、平均単位セメント注入量の合計は、最終次数孔の値を除いた値である。



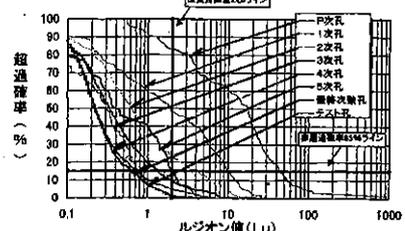
No.	凡例	件数	平均値	最大値	標準偏差	15%	5%	4%	2%
1	パイロット孔	5	47.7	47.7	0	—	—	—	—
2	1次孔	15	228	1103.5	162.2	85.2	14.2	8.9	3.8
3	2次孔	15	1099.0	1099.0	45.4	5.4	11.2	18.1	31.2
4	3次孔	29	2170.5	2170.5	40.9	3.9	9.7	11.7	28.1
5	4次孔	59	4413.5	4413.5	24.1	1.9	5.8	8.4	12.9
6	5次孔	22	184.0	184.0	0.7	1.9	3.1	3.6	7.1
7	最終次数孔	59	4413.5	4413.5	2.3	1.2	3.8	6.8	11.1
8	チェック孔	8	580.9	580.9	0.5	—	—	—	0.0
9	アスタ孔	14	10.0	10.0	0.0	—	—	—	0.0
10	合計	153	10028.4	10028.4	4.9	—	—	—	—

a. 左岸リム部



No.	凡例	件数	平均値	最大値	標準偏差	15%	5%	4%	2%
1	パイロット孔	11	630.4	630.4	0	—	—	—	—
2	1次孔	16	653.0	653.0	8.9	3.8	35.5	42.2	—
3	2次孔	16	660.1	660.1	4.5	5.4	11.2	18.1	31.2
4	3次孔	32	1311.4	1311.4	4.0	3.9	9.7	11.7	28.1
5	4次孔	64	2701.5	2701.5	2.4	1.9	5.8	8.4	12.9
6	5次孔	19	210.0	210.0	1.8	1.5	3.1	3.6	7.1
7	最終次数孔	64	2701.5	2701.5	2.3	1.2	3.8	6.8	11.1
8	チェック孔	17	654.7	654.7	0.5	—	—	—	0.0
9	アスタ孔	2	10.0	10.0	0.0	—	—	—	0.0
10	合計	177	6831.1	6831.1	4.9	—	—	—	—

b. 堤体部



No.	凡例	件数	平均値	最大値	標準偏差	15%	5%	4%	2%
1	パイロット孔	5	477.0	477.0	0	—	—	—	—
2	1次孔	15	1103.5	1103.5	162.2	85.2	14.2	8.9	3.8
3	2次孔	15	1099.0	1099.0	45.4	5.4	11.2	18.1	31.2
4	3次孔	29	2170.5	2170.5	40.9	3.9	9.7	11.7	28.1
5	4次孔	59	4413.5	4413.5	24.1	1.9	5.8	8.4	12.9
6	5次孔	22	184.0	184.0	0.7	1.9	3.1	3.6	7.1
7	最終次数孔	59	4413.5	4413.5	2.3	1.2	3.8	6.8	11.1
8	チェック孔	8	580.9	580.9	0.5	—	—	—	0.0
9	アスタ孔	14	10.0	10.0	0.0	—	—	—	0.0
10	合計	153	10028.4	10028.4	4.9	—	—	—	—

c. 右岸リム部

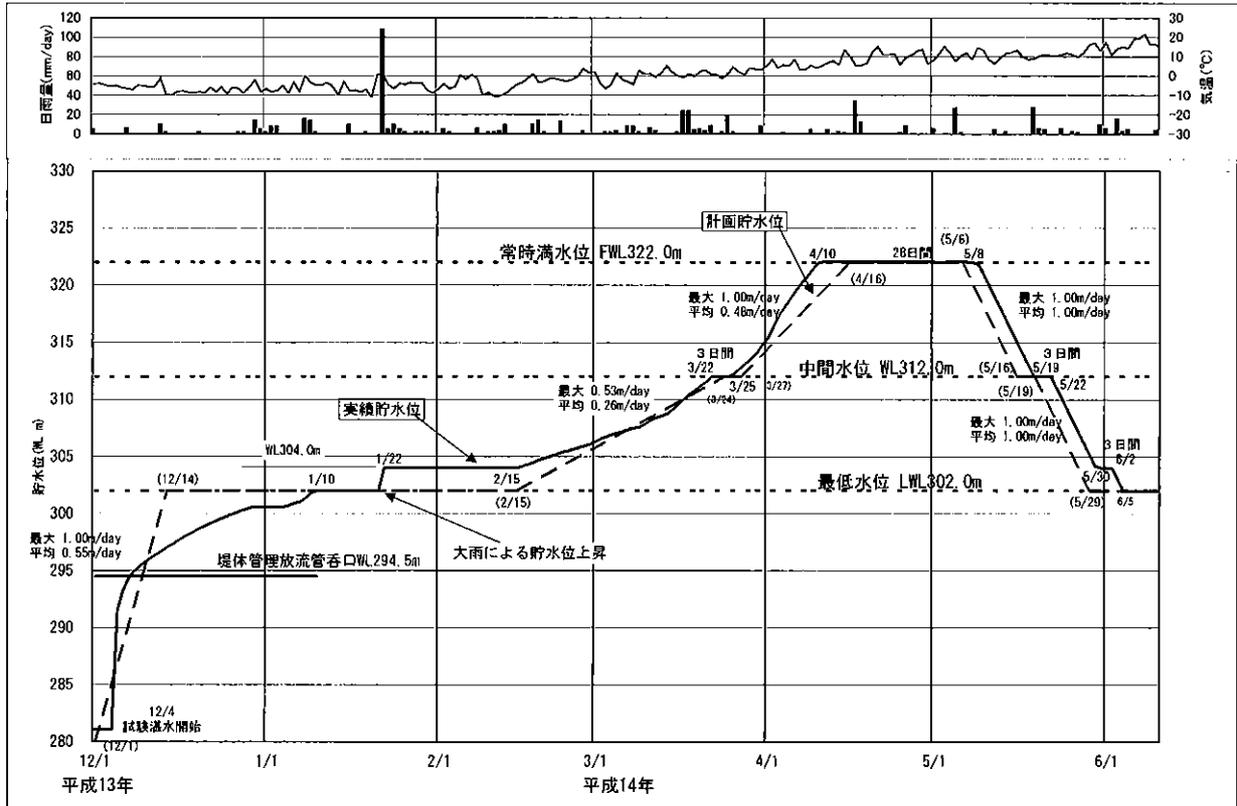
図-7 カーテングラウチング超過確率図

4. 試験湛水

4-1 試験湛水の経過

大野ダムの試験湛水は、平成13年12月4日から開始した。平成14年1月10日にLWL302mに到達し、仮排水路閉塞工事を行いながら貯水位を保持していたところ、平成14年1月21日に発生した大雨・融雪により最大WL304.14mまで貯水位が上昇し

たため、WL304mにて貯水位を保持することとした。平成14年2月15日から貯水位上昇を再開し、平成14年4月10日にFWL322mに到達した。28日間貯水位を保持した後に落水を開始し、平成14年6月5日にLWL302mまでの落水を完了した。試験湛水実績図を図-8に示す。



※1 日付は、()書きが計画で、()なしが実績である。

※2 破線は計画貯水位、実線は実績貯水位である。

図-8 試験湛水実績図

4-2 試験湛水の監視項目

本ダムでは、施工時および貯水時における堤体・基礎の安定性を監視するために、浸透水量・変形

量・揚圧力・地下水位・堤体温度・堤体ひずみ・応力の観測を行った（表-5）。

表-5 大野ダム試験湛水時の観測項目一覧表

調査項目	調査方法	稼働数	観測頻度
【観測】			
浸透水量	基礎排水孔、継目 三角ゼキ・水位計	手動 34孔 自動 2系統	1回/日 1回/時間
水温	水温計	手動 2台	1回/日
堤体変位	プラムライン	自動 1台	1回/時間
揚圧力	ブルドン管式水圧計 間隙水圧計	手動 34台 自動 10台	1回/日 1回/時間
地下水位計	水位計	自動 30台	1回/時間
堤体内温度	温度計	自動 26台	1回/時間
ひずみ・応力	ひずみ計 無応力計 有効応力計	自動 10台 自動 10台 自動 3台	1回/時間 1回/時間 1回/時間
地震	強震計	自動 2箇所	発生時
水質調査	室内分析		※1
【点検】			
浸透水	浸透水の濁り、沈殿物	目視	1回/日
堤体状況	堤体継目および取付部の漏水・亀裂	目視	1回/日
周辺地山状況	周辺地山の漏水・亀裂・地すべり等	目視	1回/日
貯水池状況	貯水池斜面の崩落・漏水の確認	目視	1回/日
各種設備	作動状況の確認	目視	1回/週

※1 試験湛水前、常時満水位時、落水完了後

4-3 試験湛水結果と評価

(1) 浸透水量の挙動

浸透水量については、浸透水の濁り、貯水位との関係などに着目して観測を行った。観測結果は次に示す通りである（図-9～11）。

- ① 浸透水の濁りについては、まったく認められなかった。
- ② 三角ゼキで観測した総浸透水量は、融雪・降雨時の一時的な増加を除いて、貯水位に直線的に追従する挙動を示し、浸透水量の急増等の異常な挙動は生じていない。常時満水位における総浸透水量は30(l/min)程度である。
- ③ 常時満水位における各ドレーン孔の浸透水量については、最大で3(l/min)程度であり、多目的ダムの建設で一般的に示されている補修に着手すべき浸透水量100(l/min/1孔当たり)に対して大幅に少ない。

継目の漏水量についてもドレーン孔の浸透水量と同様に最大3(l/min)程度と少なく、異常な挙動は生じていない。

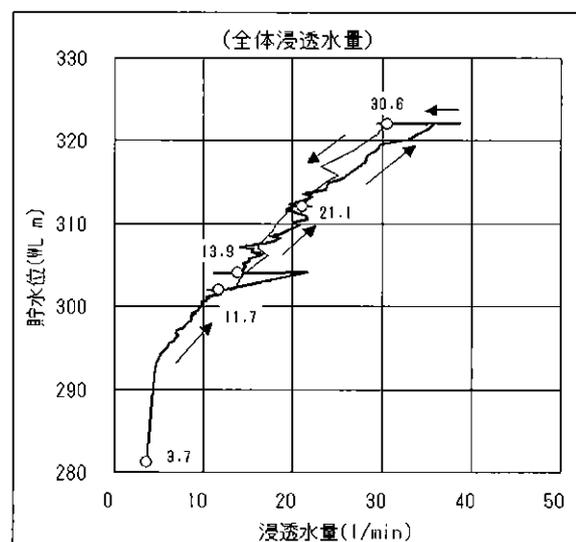


図-9 貯水位と総浸透水量の相関図

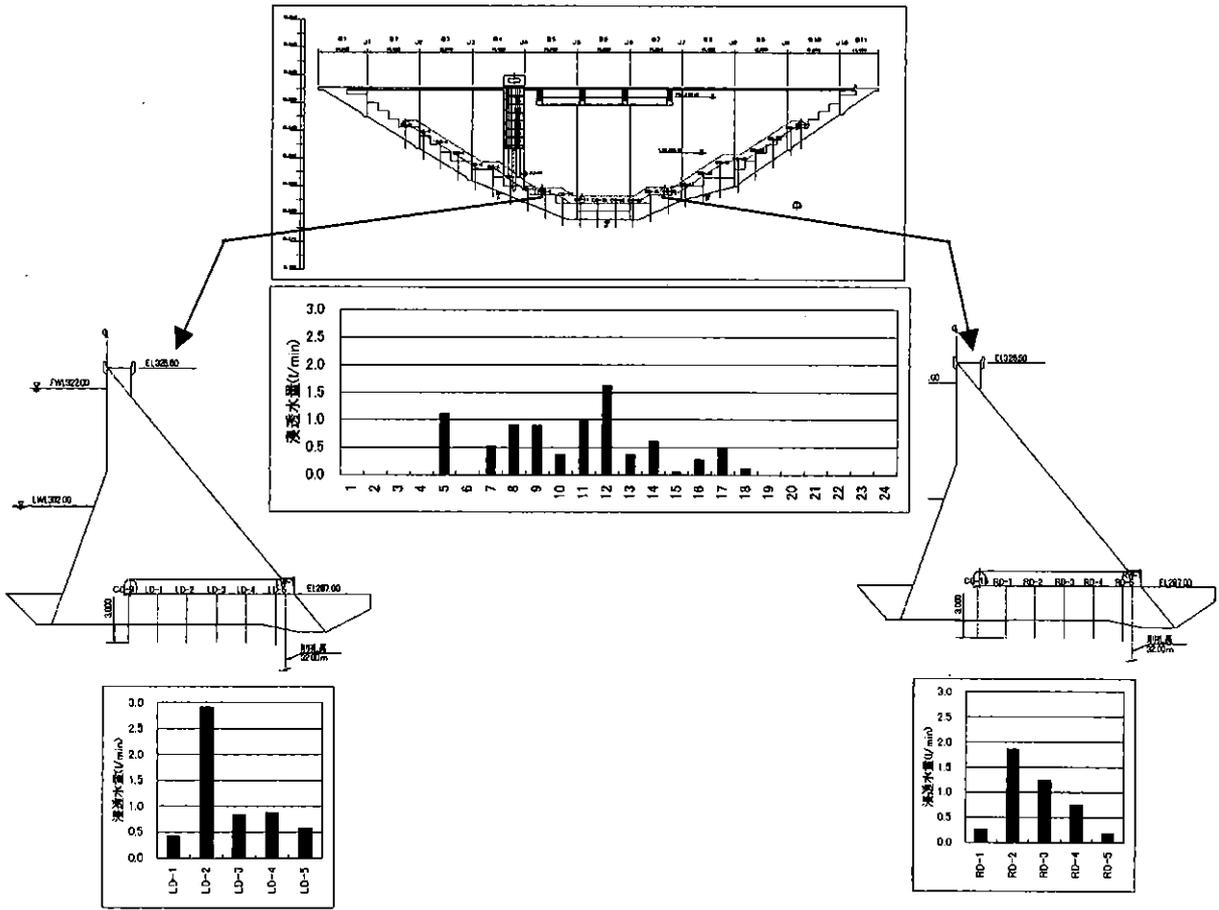


図-10 常時満水位におけるドレーン孔流量分布

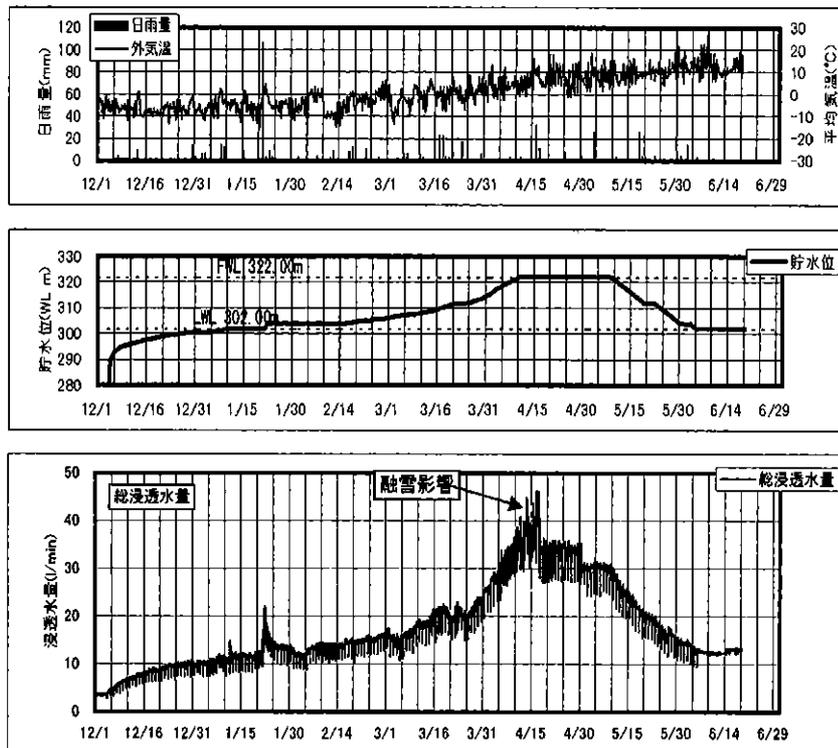


図-11 総浸透水量の経時変化

※揚圧力観測時に奇数列あるいは偶数列のバルブを閉じるため、時間単位でデータを整理すると増減挙動が生じる。

(2) 揚圧力の挙動

本ダムでは、監査廊内のドレーン孔に設置したブルドン管式ゲージ、ドレーン孔内に設置した水

位計、堤体着岩部に設置した間隙水圧計により揚圧力を観測している。図-12に揚圧力観測の概念図を、表-6に揚圧力の観測概要を示す。

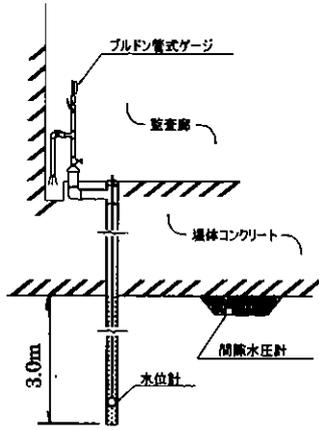


図-12 揚圧力観測の概念図

表-6 揚圧力の観測概要

計器名	記号	計測内容
ブルドン管式ゲージ		監査廊内のドレーン孔に設置し、手動観測を行っている。
水位計	CD LD RD	ドレーン孔内に設置し、孔内の水位を自動観測している。 ダム監査廊に設置している揚圧力観測孔は、排水孔と兼用しているため、揚圧力を観測するためバルブを閉じ排水させない状態の時に揚圧力水頭標高を示し、バルブを開いて排水させている排水孔状態の場合は、排水出口の標高を示す。
間隙水圧計	P	堤体着岩部に設置し、間隙水圧計により自動計測を行っている。

- ① ドレーン孔および間隙水圧計で観測した揚圧力のいずれも貯水位に対して直線的に追従する挙動を示し、揚圧力の急増等の異常な挙動は認められなかった (図-13)。
- ② 図-14に示す満水位における河床部の揚圧力をみると、13~23m程度を示している。一方、通常のコクリートダムの設計と同様の方法でドレーン孔位置の揚圧力を計算すると、下記に示すように約13.4mとなり、最大で9.6m程度実測揚圧力の方が大きくなる。このようなことから、河床深部の被圧水を考慮して、河床部 (5~7ブロック) において貯

水圧100%の箱形分布の揚圧力で堤体設計を行ったことは妥当であったと判断している。
 上流端水圧：常時満水位－上流端着岩面標高＝EL322.0－EL278.0＝44.0m (H1)
 下流端水圧：副ダム天端標高－下流端着岩面標高＝EL280.7－EL275.0＝5.7m (H2)
 通常のダムの設計揚圧力：(H1－H2) / 5 + H2 = (44.0m－5.7m) / 5 + 5.7m＝13.36m

- ③ 満水時の横断的な揚圧力分布は、ドレーン孔位置で大きく低下しており、ドレーン孔の排水効果およびカーテングラウチング、コンソリデーショングラウチングの遮水効果が認められる。

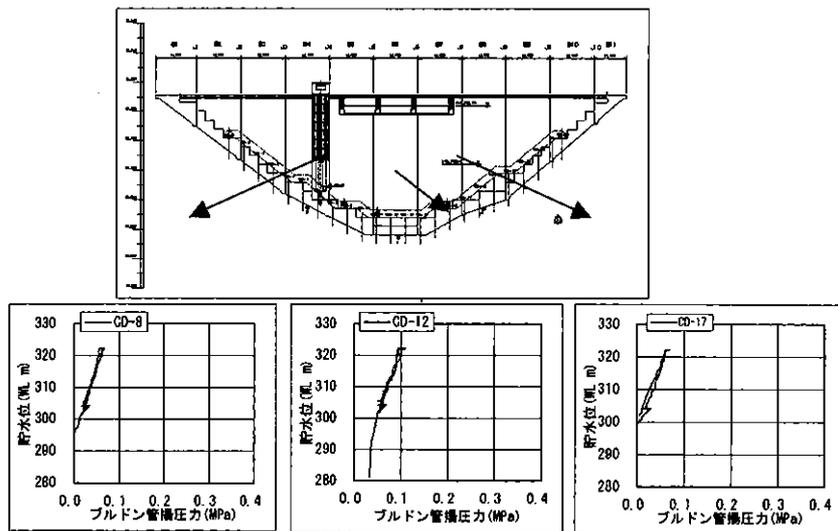


図-13 貯水位と揚圧力の相関図の例

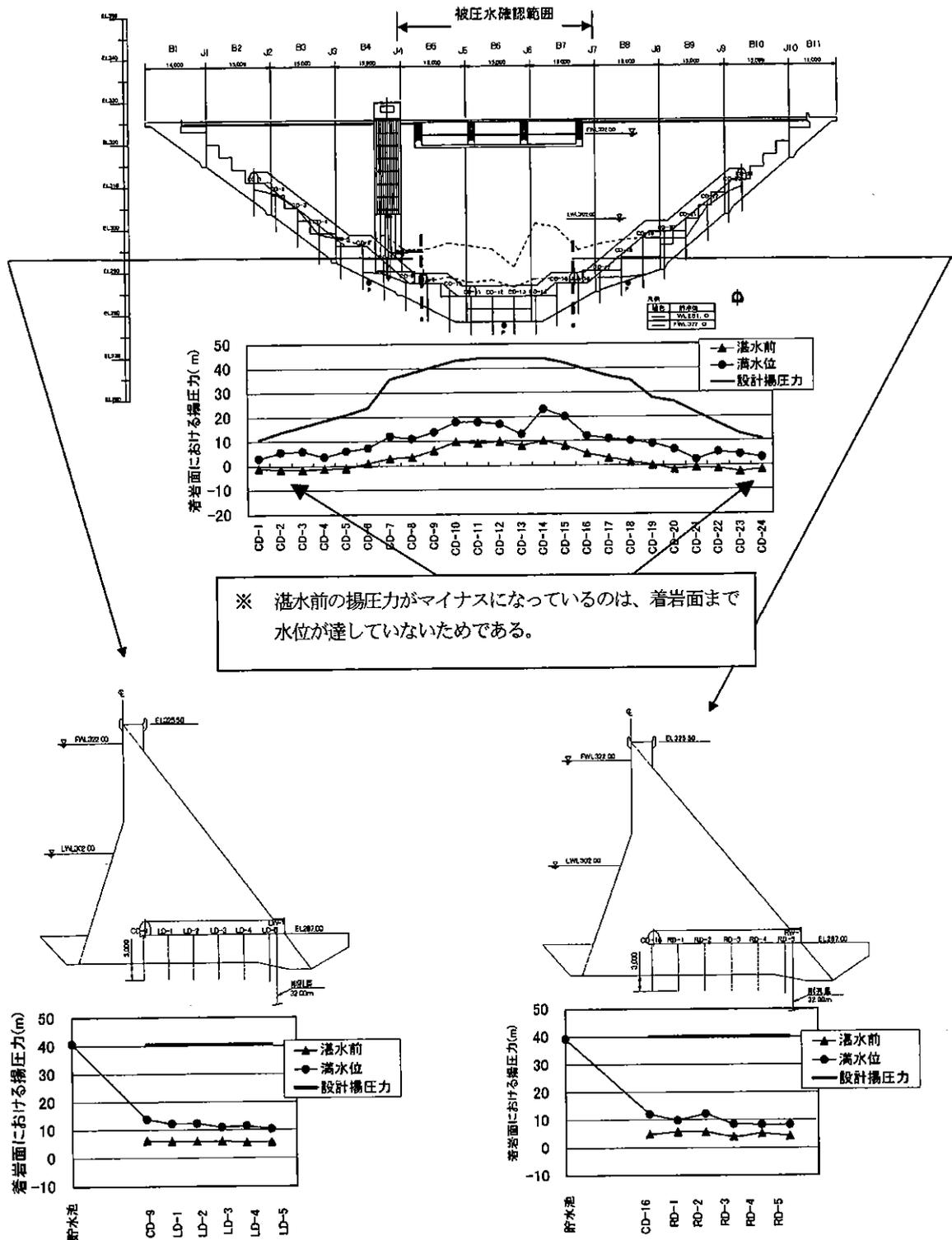


図-14 試験湛水時の揚圧力分布

(3) 地下水位の挙動

本ダムでは、左右岸地山及び堤体下流に30孔の地下水位観測孔を設置して、貯水によるダム近傍の地下水位変化を監視した。図-15に満水時地下

水コンターマップと代表的な地下水位観測孔の貯水位相関図を示す。

(a) 貯水位と地下水位の関係

地下水位は貯水位に追従する挙動を示しており、

左右岸地山及び堤体基礎は、水理的に安定した状態にあると判断できる。

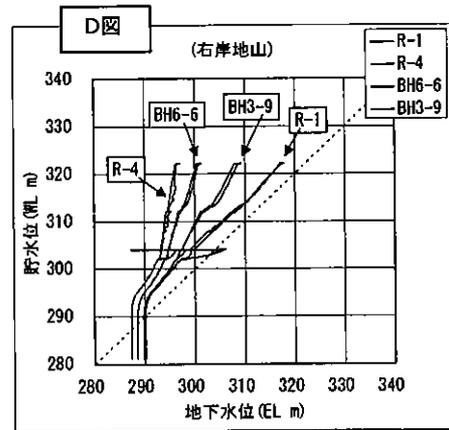
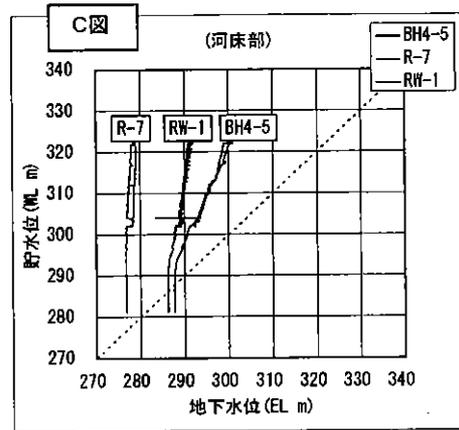
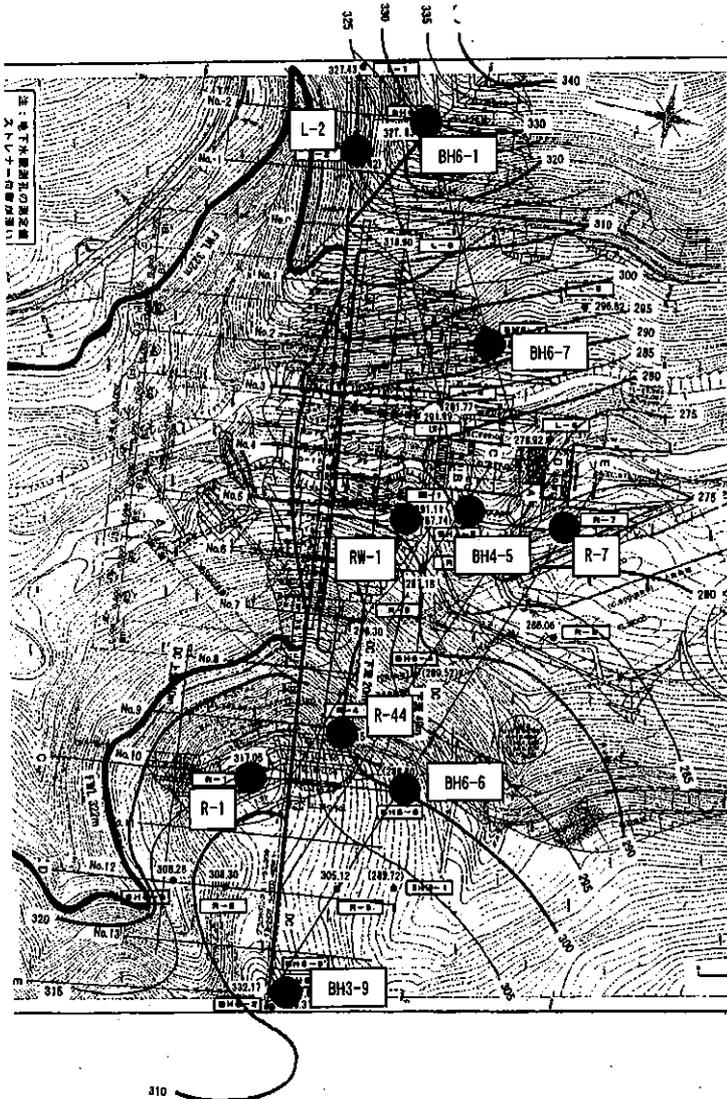
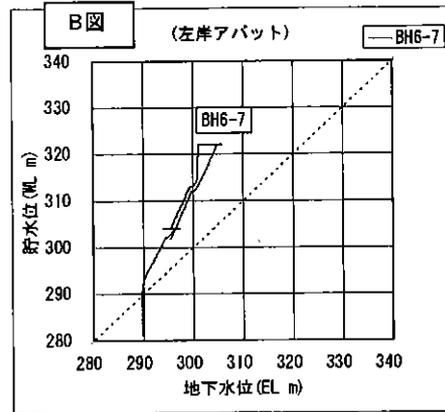
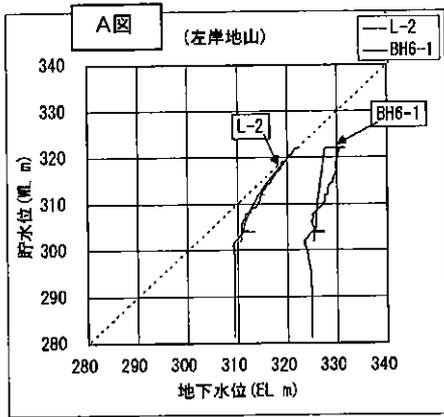


図-15 満水時地下水位コンターマップと代表的な地下水位観測孔の貯水位相関図

(b) 右岸リム部カーテングラウトの評価

① 右岸リムカーテングラウトの範囲は次のように決定した。地山奥方向への延長は、常時満水位と地山地下水位の交点を調査範囲では確認できなかったため、右岸地山の難透水層（2Lu以下の層）が満水位標高以上まで分布する地点までとした。また、深度方向については改良目標値（2Lu）が連続して分布する範囲をカバーする深度とした。

② 図-15 D図をみると、R-1孔（右岸リムカーテン上流側）とBH6-6孔及びR-4孔（右岸リムカーテン下流）水位の間には、満水位で18~20m程度の水位差がある。

これは、右岸リムカーテングラウトの効果によるものと判断している。

③ 右岸リムカーテングラウト末端付近に設置したBH3-9孔の水位（図-15 D図参照）をみると、常に貯水位よりも低い水位で貯水位に追従した挙動を示しているが、前述したようにドレーン孔で観測された浸透量は少ないこと、堤体下流域の法面において地下水の浸出等も生じなかったこと、右岸リムカーテングラウトの外側は2Lu以下の難透水であることなどから、迂回浸透量は少ない（簡易なモデルを作成し、浸透量の計算を行ったところ、総浸透量は総貯水量の0.048%程度と計算された）と判断している。

(c) 左岸リム部カーテングラウトの評価

① 左岸リムカーテングラウトの範囲は、地山奥方向への延長は常時満水位と地下水位の交点までとし、深度方向へは改良目標値（2Lu）が連続して分布する範囲をカバーする深度とした。

② 図-15 A図をみると、左岸リムカーテングラウトの上流に設置したL-2孔は、常に貯水位よりも高い水位で貯水位に追従した挙動を示している。これは、貯水により左岸地

山地下水位が押し上げられているためと考えられる。

また、左岸リムカーテングラウト末端付近に設置したBH6-1孔水位についても、常に常時満水位よりも高い水位を示しているため、貯水池から左岸リム部を迂回した浸透はほとんど生じていないと判断している。

(d) 河床部で確認された被圧水について

ダム軸下流河床部で被圧地下水の水頭を観測しているBH4-5孔の観測値は、右岸地山の地下水水位挙動との相関性が高く、右岸地山の自由地下水面と連動していると考えられる。また、融雪・降雨の影響を受けている。これらのことから、河床部において確認された被圧地下水は、右岸地山で涵養された地下水が右岸地山に分布する高透水性ゾーンを河床方向に流下して、河床堤趾部下流の浅部に分布する難透水のゾーンに遮られたため被圧していると考えられる。

また、WL304.0m保持期間中に実施したBH4-5孔湧水圧開放試験（バルブを開けて湧水を排出させる試験）の結果、ドレーン孔の揚圧力が最大で0.9m程度低下したことから、河床部で確認された被圧水は揚圧力にも影響を与えていると考えられる。

図-16に縦断的な地下水位分布を、表-7にはBH4-5との相関解析結果を、図-17には常時満水位における地下水位とBH4-5との相関係数の関係を示す。

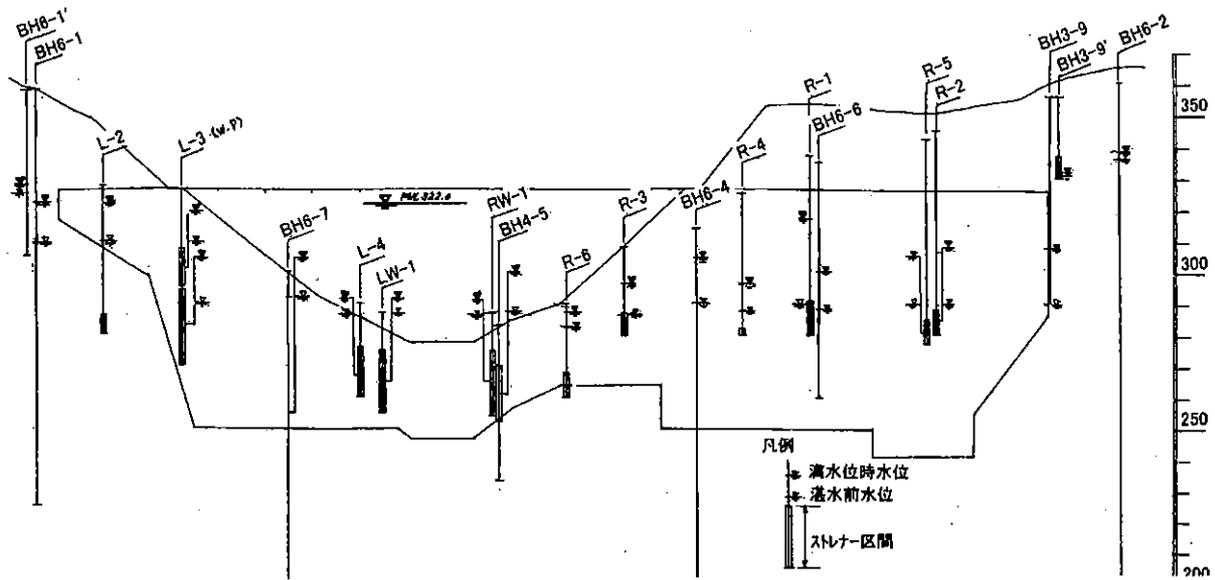


図-16 縦断的な地下水位分布

表-7 BH4-5との相関解析結果

位置	計器番号	観測値		相関解析結果		
		湛水前	満水位	相関係数	勾配	切片
右岸地山	R-1	290.19	317.05	0.9777	2.2778	-369.91
	R-2	289.84	308.30	0.9784	1.5000	-141.55
	R-4	297.40	296.15	0.8773	0.5835	127.73
	R-5	290.13	305.12	0.8322	1.2082	-96.82
	BH3-9	289.79	307.88	0.8781	1.4084	-132.71
	BH3-9'	331.45	332.17	0.7228	0.1882	282.74
	BH6-2	336.48	338.31	0.8281	0.3033	247.88
	BH6-6	288.61	300.34	0.8698	0.8831	41.80
	BH6-8	289.84	308.28	0.8783	1.4883	-141.03
右岸アバット	BH10-1	288.75	305.38	0.9785	1.2371	-85.47
	R-3	286.53	296.30	0.9659	0.7485	72.18
	R-6	282.81	287.18	0.8447	0.3247	189.83
	R-8(N)	284.12	286.06	0.8915	0.1390	244.52
	R-3(PU)	288.99	304.82	0.8788	1.2684	-75.78
	BH6-4	289.54	304.89	0.8807	1.2199	-60.83
	LW-1	286.87	291.99	0.8589	0.3818	177.32
	RW-1	286.15	291.11	0.8638	0.3559	184.41
	L-4	286.58	281.77	0.9595	0.3950	173.13
河床部	L-6	276.94	278.92	0.7392	0.1727	227.14
	R-7	276.65	278.31	0.8491	0.1621	229.88
	L-1	325.17	327.43	0.7638	0.4280	200.79
	L-1(P)	315.33	323.48	0.9027	0.8082	80.17
	L-2	309.49	321.66	0.9065	1.1954	-38.38
	L-3	308.53	318.80	0.7818	1.0354	8.41
	L-3(P)	280.05	304.42	0.9835	1.1182	-30.99
左岸アバット	BH6-1'	324.98	327.83	0.7859	0.5337	169.19
	L-5	296.38	286.82	0.4238	0.1057	265.64
	BH6-1	309.42	322.02	0.8070	1.2387	-50.89
	BH6-7	289.67	304.89	0.9774	1.1605	-44.04

相関係数が高いグループ

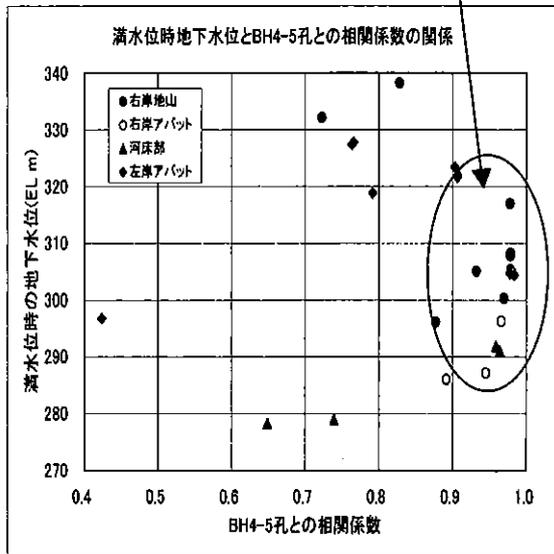


図-17 常時満水位における地下水位とBH4-5との相関係数の関係

(4) 堤体変位の挙動

本ダムでは、河床部に設置したプラムラインにより、堤体の横断方向および縦断方向の変位の監視を行った。図-18に堤体変位経時変化図を示す。

- ① 横断方向の変位量は、湛水開始から徐々に下流側へ変位する傾向を示し、常時満水位到達直前頃から変位する速度が速くなり、常時満水位時には最大1.6mm程度下流側へ変位した。その後、徐々に上流方向へ復帰する傾向を示し、落水完了後には0~0.5mm程度の下

流側への変位となった。

- ② 縦断方向の変位量は、1/30頃までは右岸側へ最大0.4mm程度変位したが、その後、逆に左岸側方向へ徐々に変位し、落水完了後には左岸側へ0.3mm程度の変位となった。
- ③ 横断方向、縦断方向の双方とも堤体変位の挙動は安定しており、変位量も小さいことから、堤体の安定性に影響を及ぼすような挙動は生じていないと判断している。

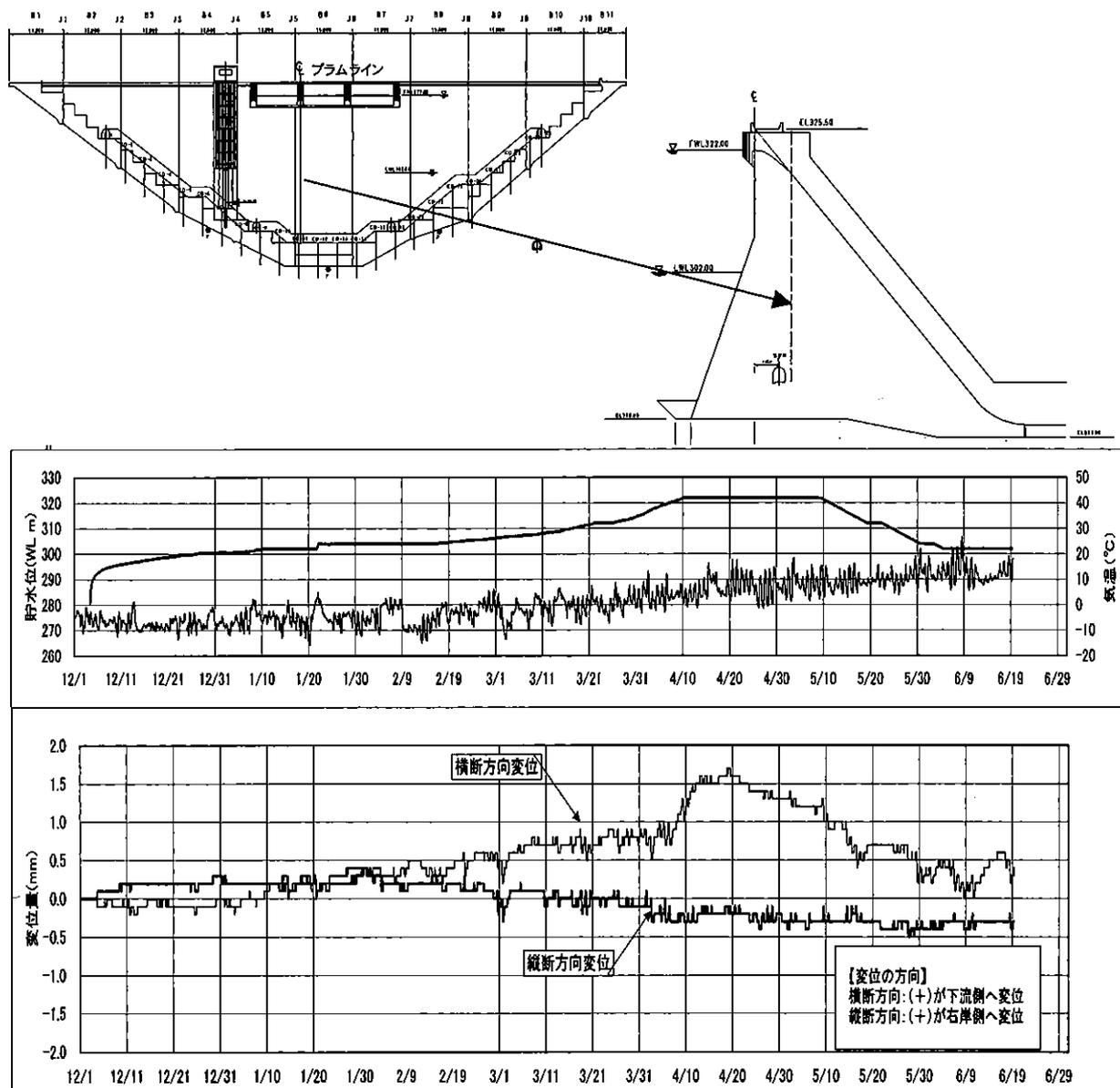


図-18 堤体変位経時変化図

(5) 堤体ひずみ・応力・温度

(a) 堤体ひずみ・応力

有効応力計（河床部着岩部付近に設置）は、湛水開始からほとんど変化しなかった。

河床部中央断面に設置したひずみ計は、ひずみ計設置位置のコンクリート温度が低下するとひずみ量が大きくなる傾向を示した。なお、貯水影響と考えられるひずみ変化は生じなかった。

(b) 堤体温度

堤体コンクリート表面に近い温度計は気温の影響による年周期的な温度変化を繰り返し、中央部に近くなるほど年周期の振幅は小さくなり、コンクリート打設直後から継続的に温度低下する傾向が認められる。

4-4 総合評価

(1) 水理的安定性の評価

- ① 各ドレーン孔で観測されている浸透水量自体が非常に少なく、貯水位に対して直線的な相関性が認められた。継目では漏水が認められたが、量自体が少なく貯水位に対して追従する挙動を示した。
- ② 堤体着岩部に設置した間隙水圧計およびドレーン孔揚圧力は、いずれも貯水位に直線的に追従する挙動を示した。また、河床部において通常のコンクリートダムの設計手法により計算した揚圧力と、実測揚圧力を比較すると、実測揚圧力の方が最大で9.6m程度大きくなったことから、被圧水を考慮して5～7ブロックの揚圧力分布を貯水圧100%としたことは妥当であったと判断している。
- ③ 浸透水量が少ないことと、カーテングラウトの下流で揚圧力が低下していることから、カーテングラウチング、コンソリデーショングラウチング、ドレーン孔が一定の効果を発揮していると判断できる。
- ④ 左右岸地山奥に設置した一部の地下水位観測孔（地下水位が貯水位よりも高い）を除き、地下水位は貯水位に直線的に追従する挙動を示した。
また、右岸リム部ではカーテングラウト上下流で水頭差が生じており、カーテングラウトの効果が認められた。
- ⑤ 以上のことから、ダムの水理的安定性は確保されていると判断している。

(2) 力学的安定性の評価

- ① プラムラインで観測している変位量は、上下流方向、縦断方向の双方とも変位量そのものが小さい。
- ② 有効応力計は、湛水開始からほとんど変化していない。また、ひずみ計は、設置位置のコンクリート温度に対して弾性的な挙動を示

し、ひずみの急激な変化は生じていない。

- ③ 以上のことから、ダムの力学的安定性は確保されていると判断している。

5. おわりに

大野ダムの試験湛水では、ダム及び周辺地山において安定した挙動が確認できた。また、ダムの特徴としてあげられる河床部基礎の被圧水対策（貯水圧100%箱形揚圧力分布による堤体断面設計）及び右岸地山の迂回浸透対策についても、試験湛水の結果から一定の効果を発揮していると判断している。

なお、本報告に当たり、御指導を賜りました関係各位に、深く感謝する次第であります。

衛星リモートセンシングの農業利用（2）

～小麦の生育特性に基づく生産力阻害エリアの抽出～

(株)ズコーシャ 大塚 健 二
清野 伸 孝
明石 憲 宗
丹羽 勝 久

1. はじめに

前報では高解像度衛星イコノス画像の農業分野における利活用の可能性検討を目的に、北海道十勝地方音更町の畑作地域を対象に、地上調査結果とイコノス画像との関連について考察した。その結果、高解像度衛星画像の利用可能性が示唆され、特に圃場一区画内での不均一性を把握するための情報ソースとして有効であると結論付けられ、排水不良等の生産力阻害エリア抽出のためのモデル確立が、次の課題となった¹⁾。また、圃場一区画内での検討であったため、他圃場に対しての汎用性についても課題となった。ここでは、小麦登熟期のイコノス画像に着目し、調査エリアを圃場一区画内に限定せず、小麦の生育特性に基づいて、生産力阻害エリアの抽出を試みた。さらに表層土壌が認められる画像から、阻害エリアの抽出の可能性を検討した。

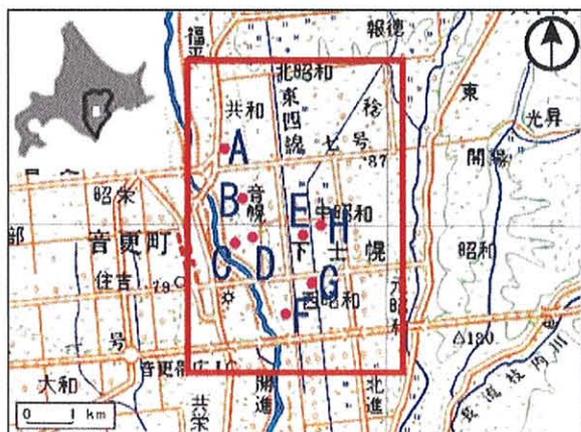


図-1 調査範囲

2. 調査方法

2-1. 調査範囲

調査範囲は、小麦の作付面積が十勝管内で最も多い音更町の中央部とした²⁾ (図-1)。このエリアは十勝において大半を占める土壌タイプが包含されている。

2-2. 衛星画像

使用した衛星画像の主な諸元を表-1に示す。衛星画像は、2000年7月11日（小麦登熟期）および2001年4月23日（裸地）に撮影されたものを用いた。

表-1 イコノス画像の諸元

観測波長帯 (マルチスペクトル)	
Band1	0.45~0.52 μm (青)
Band2	0.52~0.60 μm (緑)
Band3	0.63~0.69 μm (赤)
Band4	0.76~0.90 μm (近赤外)
解像度	4m
データ階調	2048階調(11bit)

2-3. 小麦登熟地図の作成

登熟期における小麦の正規化植生指数 (NDVI) は、成熟の早晩を意味する³⁾。そこで、小麦登熟期の画像からNDVIを算出し、小麦登熟地図 (図-3) を作成した。

$$NDVI = (Band\ 4 - Band\ 3) / (Band\ 4 + Band\ 3)$$

2-4. 小麦収量地図の作成

小麦登熟期の画像と現地収量調査の関係から、小麦収量地図 (図-4) を作成した。収量はバン

ド3（可視域赤の反射輝度値）とバンド4（近赤外域の反射輝度値）から成る、以下に示す重回帰式による。

$$\log(\text{収量 kg/h a}) = 0.000952 \text{ Band 4} + 0.000821 \text{ Band 3} + 2.70$$

($R^2 = 0.64$)

3. 小麦生育特性による阻害エリアの抽出

小麦登熟地図から、圃場一区画内の狭い範囲でも登熟の不均一な分布が読み取れた。また、登熟の広域的な傾向は、西から東へ、早～中のタイプⅠ、中～遅のタイプⅡ、早～遅のタイプⅢに大別できた。

一方、収量も登熟の早晩と同様に圃場一区画内での不均一性が確認できた。しかし、調査範囲内における収量分布は登熟の早晩と異なり、各タイプで収量の高いエリアから低いエリアが認められた。

これらの小麦登熟地図と収量地図を比較した結果、その対応はタイプごとに特徴的であった（表-2）。

表-2 登熟早晩と収量の関係

タイプ	特徴
タイプⅠ	登熟の早晩と収量に対応しており、登熟の早いエリアほど収量が低い
タイプⅡ	登熟の早晩と収量に対応していない
タイプⅢ	タイプⅠおよびタイプⅡの特徴を持つエリアが混在している

これらの区分を既存の土壤図と比較したところ、地力保全基本調査⁴⁾を基にした地形区分と、画像からタイプ分けしたエリアが一致した。地力保全基本調査によると、この調査範囲は西から東へ低地、中台地、低台地と区分されている（図-5）。

以上のことから、小麦生育は土壤要因の影響を大きく受けていると考えられた。

そこで現地調査を行い、小麦生育と土壤要因の関係について検討を行った（図-6）。

登熟の早晩と収量に対応しているタイプⅠやタイプⅢの一部では、下層に礫層が認められ、礫深



図-2 裸地画像

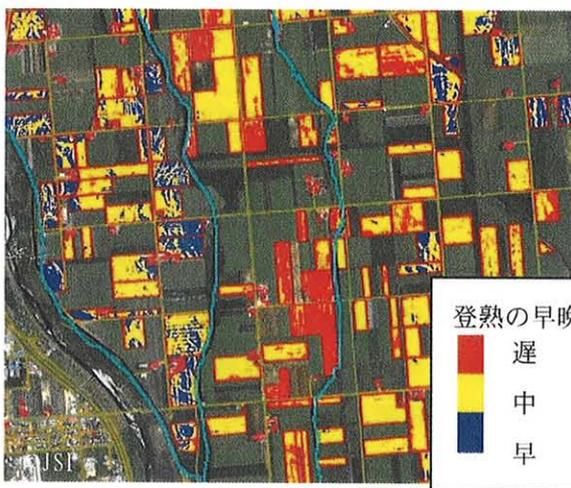


図-3 小麦登熟地図

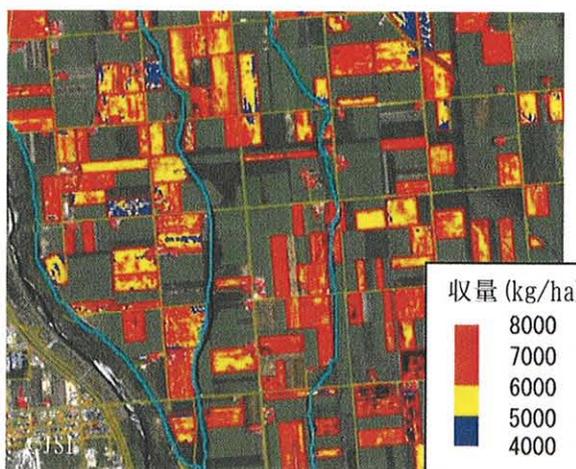


図-4 小麦収量地図

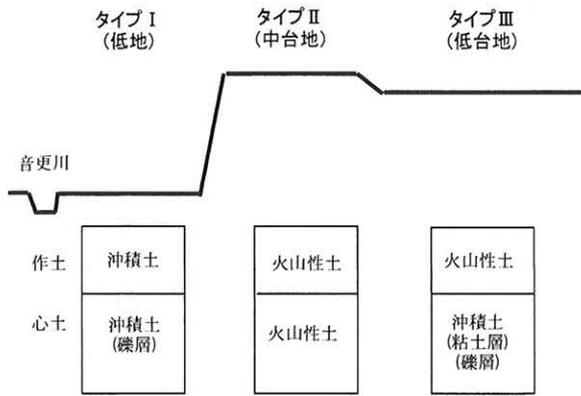


図-5 地形区分

度が浅いほど収量が低下していることが分かった。

一方、登熟の早晚と収量が対応していないタイプⅡやタイプⅢの一部では、下層に透水性不良の土層が認められ、排水不良のエリアで収量が低下していることが分かった。

以上のことから、小麦の生育特性を基にすることで、要因別阻害エリアの精密な抽出が可能であった。また、衛星画像から、詳細に土壌を区分できる可能性が示唆された。

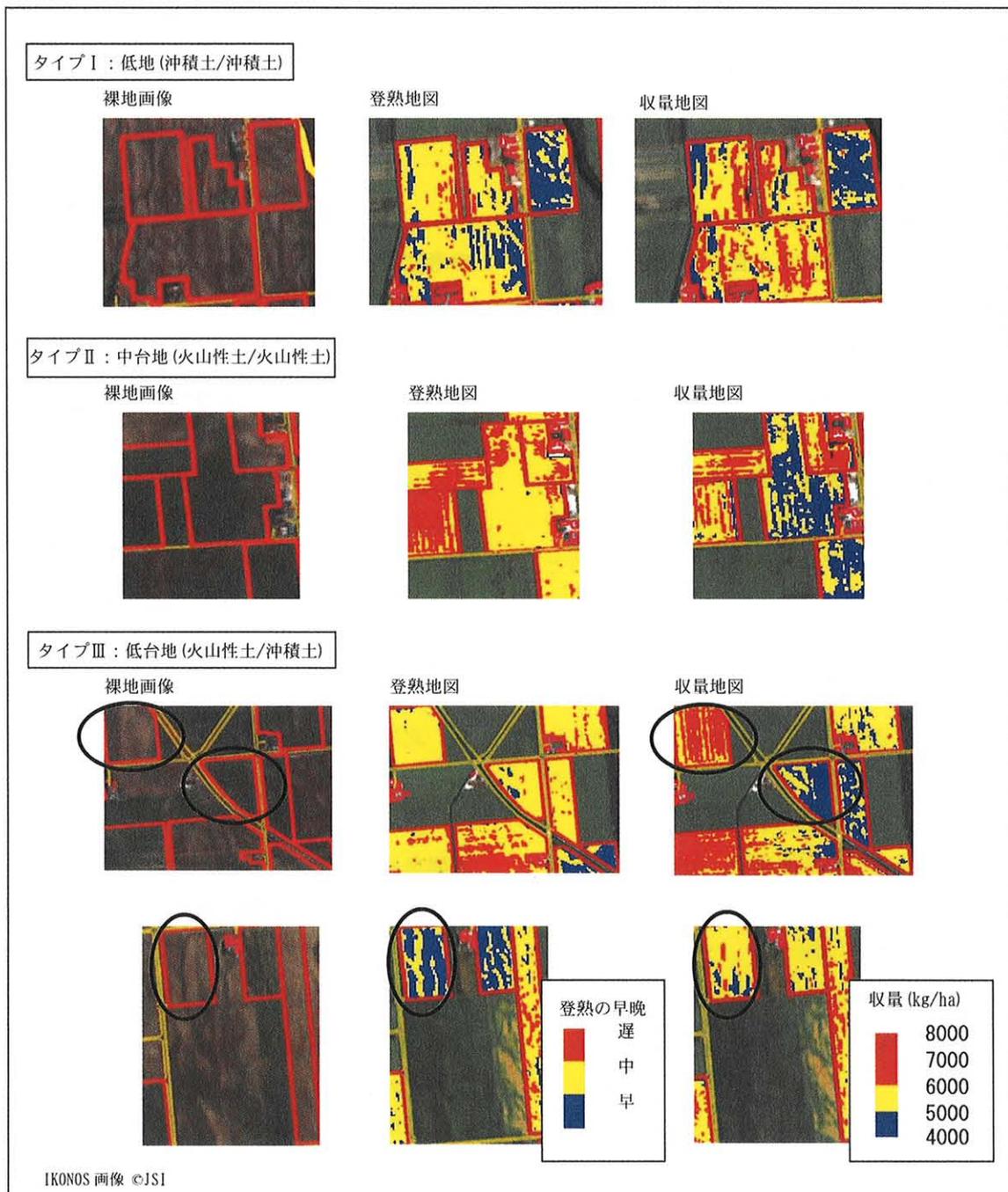


図-6 裸地画像、登熟地図、収量地図の比較

表-3 裸地画像からみた表層土壌の濃淡と生産力阻害要因の関係

表層土壌の濃淡	登熟の早晩	生産力阻害要因	分布エリア
相対的に薄い	早い	浅層による有効土層制限	低地、低台地（タイプⅠ、Ⅲ）
相対的に濃い	中～遅い	排水不良	中台地、低台地（タイプⅡ、Ⅲ）

4. 表層土壌特性による生産力阻害エリアの抽出

小麦作付圃場以外のエリアについて、表層土壌特性から、小麦生育阻害エリアの抽出を試みた(表-3)。

タイプⅠでは、表層土壌の濃淡と小麦生育の早晩が対応していた。したがって、タイプⅠにおける表層土壌の濃淡は、相対的に礫深度の不均一性を評価していた。

タイプⅡでは、表層土壌の濃いエリアで、小麦生育が劣る傾向が認められた。すなわち、表層土壌の濃いエリアでは、排水不良の影響を強く受けていると考えられた。

タイプⅢでは、タイプⅠ、Ⅱの両方の傾向が認められ、現段階では表層土壌の濃淡から阻害エリアの判断は困難であった。

以上のことから、表層土壌の濃淡の示す情報は、各土壌タイプで著しく異なり、精密阻害エリアの抽出には、土壌タイプごとの解析が必要であると考えられた。

5. まとめ

高解像度衛星画像を用いて、十勝管内音更町において、小麦生育阻害エリアの精密な抽出を試みた。その結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 小麦登熟と収量の関係は、土壌要因を反映しており、その情報から、要因別阻害エリアの精密な抽出が可能であった。
- 2) 表層土壌の濃淡は、各阻害要因を反映していた。しかし、その情報は土壌タイプごとに異なった。
- 3) 土壌タイプごとに作物生育や表層土壌を反映する輝度値に特徴が見られたことから、画像解析に際して土壌タイプごとに類型化を行

うことが有効であることが明らかになった。

6. 今後の課題

今回の解析では、タイプⅢのような土壌タイプ(作土：火山性土、心土：沖積土)における、表層土壌の濃淡から阻害エリアの判断は困難であった。現在、現地調査を併用し、表層土壌情報と生育阻害エリアの関係について検討している。

参考文献

- 1) 明石憲宗、大塚健二、丹羽勝久：衛星リモートセンシングの農業利用～既往の技術と高解像度衛星画像の可能性～、北海道土地改良設計技術協会報文集第14号、p 67 - 75、2002
- 2) 農林水産省北海道統計情報事務所：北海道農林水産統計年報（農業統計市町別編）平成12年～13年、p 20、2002
- 3) 北海道中央農業試験場：衛星リモートセンシングを活用した秋まき小麦の生育診技術、北海道農業試験場会議資料、p 43、2002
- 4) 北海道中央農業試験場：地力保全基本調査成績 音更町、1966
- 5) 福原道一ら：帯広地域土壌腐植区分図、北海道開発局帯広開発建設部、1989。
- 6) 畠中哲哉、西宗昭、福原道一、新良力也：ランドサットTMデータを利用した十勝畑土壌の礫深度推定、日本土壌肥科学雑誌、68(1)、1997。
- 7) 日本スペースイメージング(株)ホームページ：<http://www.spaceimaging.co.jp/>
- 8) 菊地晃二、十勝地方における土壌類型区分図とその土壌改良対策への応用、北海道農業試験場報告、34、1981。

施設野菜の栽培試験と経済性の検討

太陽コンサルタンツ(株)北海道支社 筒井 誠

1. はじめに

農業経営で高収益を得るためには、限られた資本・労働力を活用して、高品質の作物をできるだけ多く生産していく事が基本となる。そのために経営者が目指すべき方向として、経営規模の拡大を通じて生産量の増加を図るか、栽培技術の高度化を通じて生産量の増加・品質の向上を図るか、もしくはその両方となる。

しかし、このことは稲・畑作経営については当てはまるが、野菜作の場合にはこれだけでは不十分で、野菜作、特に施設野菜の場合は、価格の季節変動幅が大きいことから市場動向に応じた出荷時期を定めることが重要となる。

本報告は、地域に適した栽培作物を選定する目的で実施した施設野菜の栽培試験の内、

特に栽培試験結果と経済性の検討に関する部分につき、報告するものである。

2. 試験調査の概要

(1) 試験期間

平成8年～平成11年（4ヶ年）

(2) 試験場所

北海道勇払郡早来町

(3) 栽培作物及び試験目的

栽培作物は、収益性、労働配分の点から早来町において栽培が有効と考えられた「ほうれんそう」、「にら」の2作物とし、各作期の収量・収益性を確認するとともに、作期・地域に適した栽培品種を検討する。

表1 栽培作物の導入理由と本試験での検討事項

作物	導入理由	検討事項
ほうれんそう	早来町における施設野菜の中心的作物であり、将来においても基幹作物として有望であることから導入。	①通年栽培し、各作期の収量・収益性を確認。 (平成8～11年) ②早来町に適した品種の検討。 (平成9～10年)
にら	収穫期が12月～2月であるため、年間を通じた労働力の平準化を考えた場合、農業経営の中に組み込む作物として有望であることから導入	①市場単価の高い12月からの出荷を目標とした栽培技術の検討、および収量・収益性の確認 (平成8～11年) ②作期(冬春にら)に適した品種の検討 (平成9～11年)

3. 出荷作型の検討

(1) 市場価格の動向

野菜経営では、より高品質でより収量の高い栽培を目指すことが求められるが、さらにより高収益を得るためには、市場価格の高い時期にどのようにして出荷するかということが重要となる。こ

のため、平成2年から平成11年までの10年間の5作物の市場価格の変動について、農林水産省の青果物流通統計旬報により解析・検討した。

札幌市場、室蘭市場、東京市場、名古屋市場、大阪市場の5市場における10年間の平均市場価格は、ほうれんそうでは548円/kgの大阪市場が

最も高く、札幌、東京、名古屋はほぼ500円/kg程度、室蘭市場が最も低く411円/kgとなっている。にらは、名古屋と大阪が550円/kg以上で他

市場より高く、室蘭市場が最安値となっており、札幌と東京はその中間になっている。

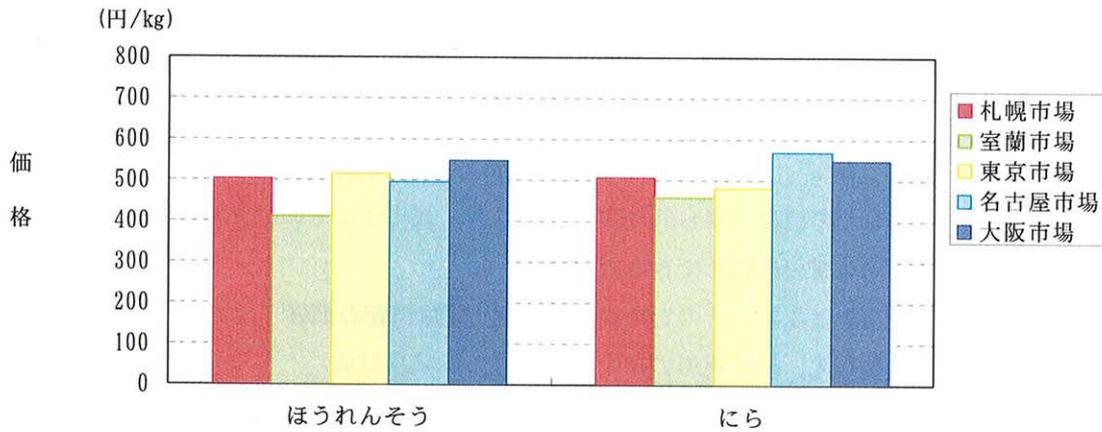


図1 各市場における10年間の平均市場価格 (平成2～11年)

分散分析を行った結果、各市場の市場価格には季節変動が存在することが確認された。季節変動が明確な作物では、年次によるバラツキはあるものの、市場価格が高い時期を予想することができ、高度な栽培技術を要求されることにはなるが、出荷をその時期に合わせた作型で栽培することにより、高い粗収入を得る可能性が高くなる。

早来町に近く大消費地である札幌市場を対象に、季節変動が認められた作物の本試験による出荷時期と市場価格の季節変動との関係について、連環比率法 (奥野忠一ら、1978) より季節指数を求めて検討した。なお、季節変動は、その値が大きいほどその時期の市場価格が高いことを示す。

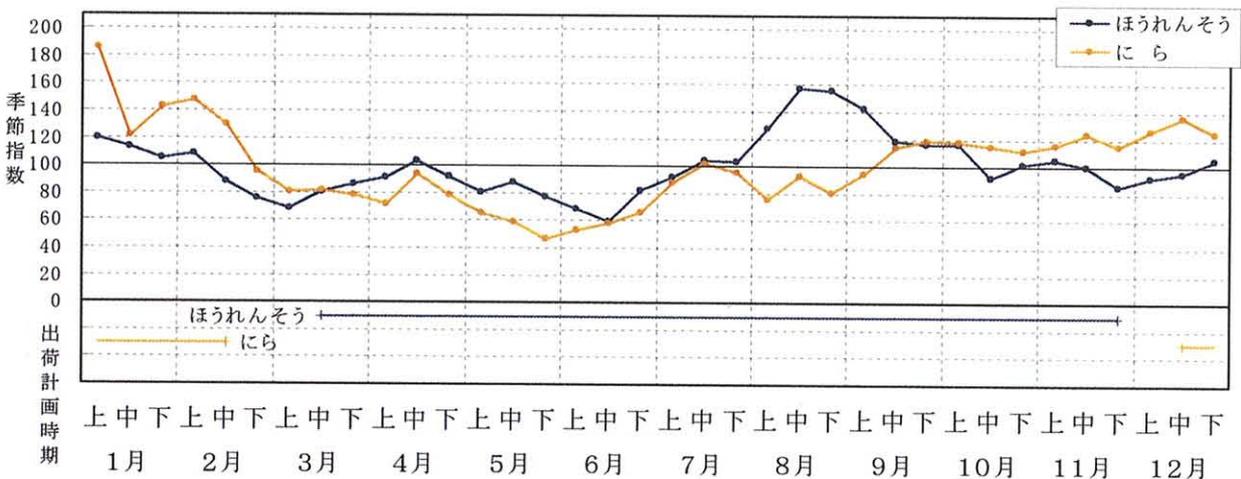


図2 札幌市場における市場価格の季節変動と本試験における出荷計画時期

連環比率法と季節指数：連環比率法では、その月(旬)の値(分析期間中の平均値)を前月(旬)の値を1とする連環比率に換算し、これを1月(上旬)を基準(=100)とする連鎖指数になおして、分析期間における一方的上昇傾向あるいは下降傾向により修正を加え、修正連鎖指数を求める。最後に、修正連鎖指数の和が3600(=100×36旬)(あるいは1200=(100×12月))になるように修正して、各月(旬)の季節指数を求める。季節指数は100が年間の平均を表し、その値が大きいほど1年間でその時期の市場価格が高いことを示す。

(2) 出荷作型の検討

1) ほうれんそう

ほうれんそうは、冷涼な気候を好み、高温・長日下での栽培が難しいとされているが、早来町においてはほぼ年間を通じての栽培が可能である。

市場価格は、季節変動指数 60～160 の範囲で推移しており、特に夏期（8～9月）の市場価格が高い。従って、ほうれんそうの栽培で高収益をあげるには、夏期栽培（2～3作目）におけるの収量確保が重要となる。

2) にら

冬期におけるにらの市場価格は、2月上旬までの高値から急激に価格が低下しているため、でき

るだけ収穫時期を前進化させて、12月から出荷できるようにすることが有利な販売につながる。そのためには、できるだけ低温にさらして、休眠時期を早めるとともに、早期に休眠覚醒させるために保温（加温）を行う等の栽培管理が必要であるが、早来町において、これまでほとんど栽培実績のない作物のため、栽培技術の検討・確立が必要である。

4. 栽培の状況

(1) ほうれんそう

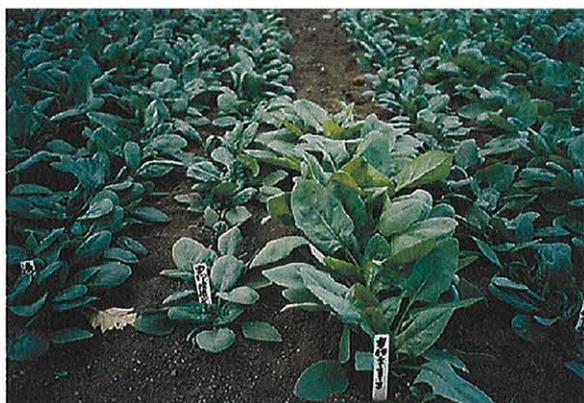
1) 生育・収量

表2 ほうれんそうの品種と生育期節等

生育期節等	平成8年			平成9年					平成10年					平成11年				
	3作	4作	5作	1作	2作	3作	4作	5作	1作	2作	3作	4作	5作	1作	2作	3作	4作	5作
播種期	7/30, 9/13, 10/24			3/28, 5/19, 7/07, 8/29, 10/10					3/15, 5/17, 7/01, 8/13, 10/03					3/15, 6/03, 7/22, 9/09, 10/27				
出芽期	8/03, 9/17, 11/02			4/02, 5/25, 7/12, 9/03, 10/16					4/25, 5/22, 7/05, 8/18, 10/09					3/25, 6/09, 7/25, 9/14, 11/04				
出芽の良否	良 良 良			良 良 中 良 良					良 良 中 良 良					良 やや良 不良 良 良				
2葉展開期			11/10	4/10, 5/30, 7/16, 9/09, 10/24					4/03, 5/27, 7/10, 8/24, 10/15					4/05, 6/14, 8/01, 9/20, 11/15				
4葉展開期				4/23, 6/07, 7/25, 9/17, 11/04					4/08, 6/02, 7/16, 8/28, 10/20					4/12, 6/19, 8/05, 9/28, 11/29				
収穫期	9/02, 10/15, 2/06			5/07, 6/23, 8/10, 10/03, 11/30					5/01, 6/17, 7/29, 9/14, 11/12					4/30, 7/10, 8/30, 10/14, -				
品 種	1作目	-		テリオス					テリオス					テリオス				
	2作目	-		トニック					サマーライダー					トニック				
	3作目	トニック		トニック					トニック					トニック				
	4作目	ニュースター-II		テリオス					オリオン					テリオス				
	5作目	アールフォー		アールフォー					アールフォー					アールフォー				

注1) ほうれんそうは平成8年は年3作どり、平成9年からは年5作どりで栽培を行なった。

注2) ほうれんそうの生育調査は、5日ごとに草丈、葉数などをハウス内3箇所各10株ずつ調査した。
なお、平成8年の1作目生育調査は、15日ごとに2回の調査である。



収量は、収穫期が4月下旬から7月上旬の作型で最も高くなった。

平成11年3作目では、高温とかん水不足、部分的なECの高まりなどが原因と考えられる発芽不良と、その後の生育不良により、収量が著しく低下した。全期間を見ると概ね安定した収量が得られたが、「北海道野菜地図その22」（北海道農政部監修、1999）による春まきと晩夏まき（1、4作目が相当）の基準収量（1,200 kg / 10 a）を上回ったのは、平成9年の1作目収量の1,224 kg / 10 aのみで、その他は基準収量よりも低かった。また、春夏まきと夏まき（2、3作目が相当）（基準収量800kg / 10 a）では、作ごとの差が大きかった。

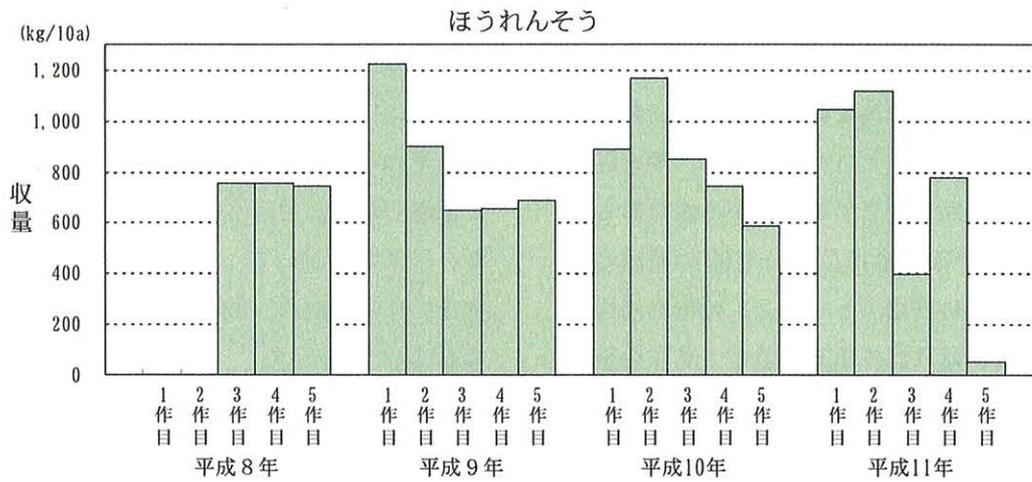


図-3 ほうれんそうの収量

(2) にら

1) 生育・収量

表3 にらの品種と生育期節等

生育期節等	平成8年	平成9年	平成10年	平成11年
播種期	4/13	—	(H.9.7/02)	—
発芽期	4/23	—	—	—
発芽の良否	良	—	—	—
定植期	8/02	—	6/05,6/08	—
休眠期	11月下旬	—	P:10/20,T:10/25	P:11/01,T:11/10
掃除刈	12/09	I:10/27,III:11/27	11/24	12/07
加温開始期	1/17	10/31	12/01	12/29
覚醒期	—	—	T:12/10,P:12/12	P:12/15,T:12/18
1番刈	2/13	III:12/11,	T:1/19,P:1/27	P:1/17,T:1/06
2番刈	3/14	III:2/10,I:1/29	T:2/22,P:3/11	P:2/16,T:2/04
3番刈	—	—	—	P:3/21,T:2/29
品種	ジャイアントベルト		パワフルグリーンベルト (P) たいりょう (T)	

注) 平成9年のI, II, III, IVはハウスを4区画に分けた各部分を示す。



ジャイアントベルトの収量は、「北海道野菜地図 その22」によるハウス促成栽培の基準収量の5,000 kg / 10 a より大幅に低く、平成8年が2,040 kg / 10 a、白斑葉枯病が発生したために捨て刈り処分とした平成9年が1,170 kg / 10 aであった。

平成10年からは、収量性、収穫・調整の作業性に優れていると考えられたパワフルグリーンベルトとたいりょうの2品種を栽培したが、平成10年は出荷時期の市場価格が低く収益が得られないと

判断し、2番刈り途中で収穫を中止したため、低収量となった。平成11年は販売価格が安定していたため、3番刈りまで収穫することができたが、収量は2,934 kg / 10 aで、目標収量の6,000 kg / 10 aには達しなかった。

なお、試験当初は無加温栽培を計画していたが、低温のため期待した生育量を得られなかったことから、試験途中（平成9年1月）より加温栽培に切り替えた。

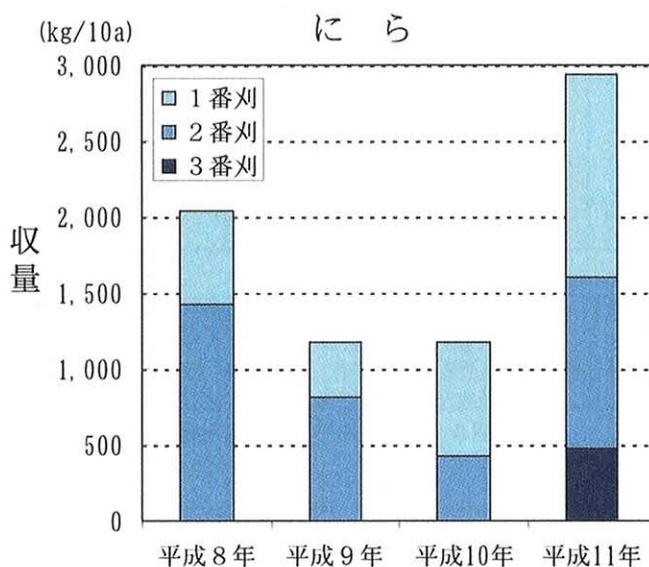


図4 にら

5. 生産費と農業所得

栽培作物の収益性を明らかにするために、作物生産に要した物財費や労働費（労働時間）などの生産費、販売に要した出荷経費、生産物の販売金額を調査した。なお、生産費の調査は農林水産省農業経営統計調査農産物生産費統計に準じたが、物財費のうち水利費、建物および土地改良設備費、農機具費、畜力費については多目的利用となるため算入しておらず、また資本利子、地代も含まれていない。

(1) ほうれんそう

農業所得はマイナス～43万円/10 aと、栽培ごとの格差が大きく、収量が極端に低かった平成

11年3作目（7/22播種）と5作目（10/27播種）以外は、販売価格の影響が大きい。年次ごとに見ると、1作当たりの農業所得は平成9年が最も高く30万円/10 a、最も低いのは平成11年で16万円/10 aで、4年間の平均ではおおよそ21万円/10 aであった。また、1作ごとの時間当たり所得は358～1,672円/時で、平均は880円/時であった。

しかし、他作物に比較すれば10 a当たり農業所得、時間当たり所得は安定していると言え、早来町の夏季の冷涼な気候を有利に活用すれば、経営安定のための基幹作物として位置付けることができる作物である。

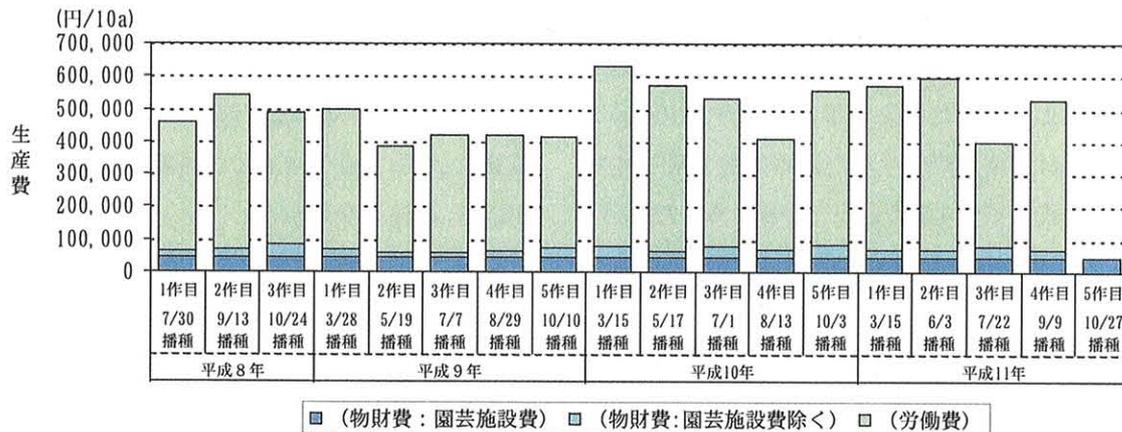


図5 ほうれんそうの生産費

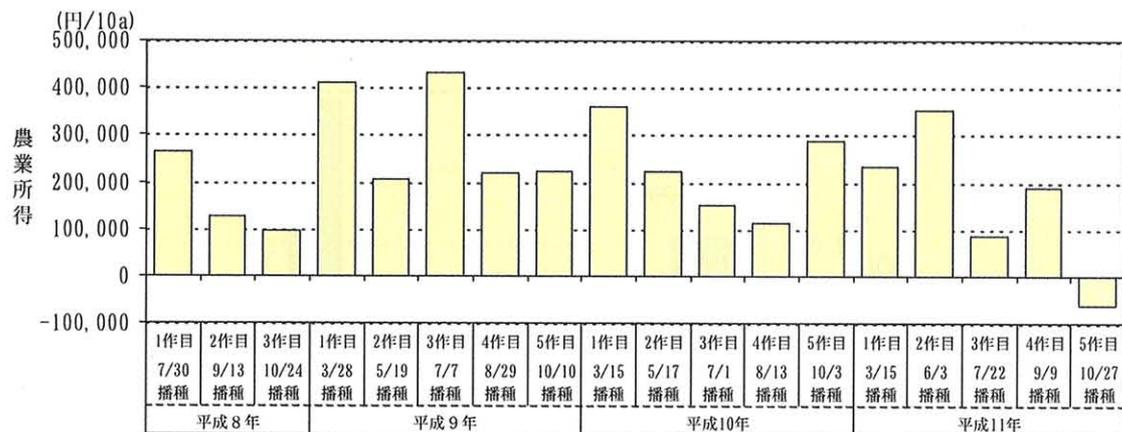


図6 ほうれんそうの農業所得

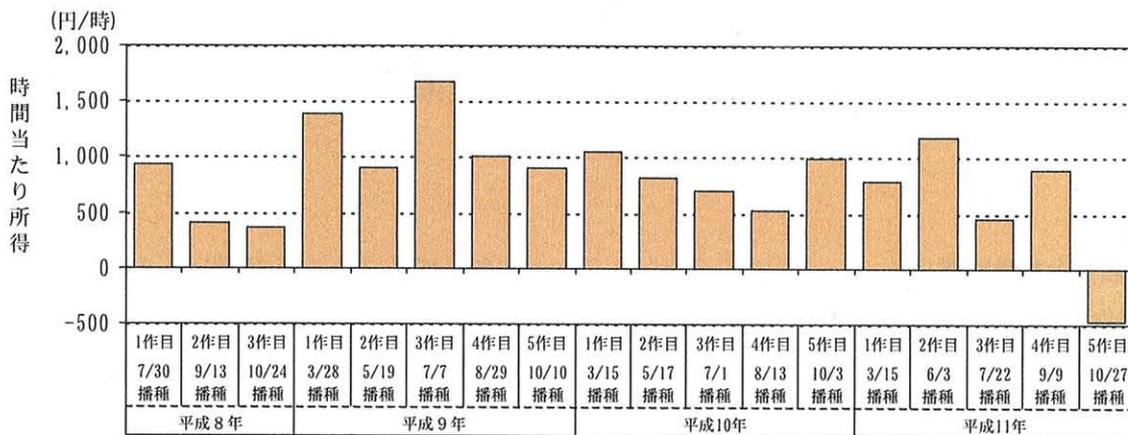


図7 ほうれんそうの時間当たり所得

(2) にか

本試験で目標とした出荷時期である12～2月におけるこれらの価格は、平成9年以降平成12年までの4年間とも低かった。特に、2月以降の価格が低かったため、平成9年は2番刈りの約半分まで、平成10年は2番刈り終了まで、平成11年は2番刈り途中まで収穫を行ったものの、それ以降の収穫は中止せざるを得ず、出荷を断念した。こ

のため、3年間とも農業所得を得ることはできず、赤字となった。さらに、平成12年は3番刈りまで収穫することができたが、価格は平均して低価格であったため、過去3年間と同様に赤字となった。

また、当初の無加温で栽培する計画から、加温栽培に切り替えたため、園芸施設費と光熱動力費が増加し、経営費が大きくなったことも農業所得を得られなかった原因の一つと考えられた。

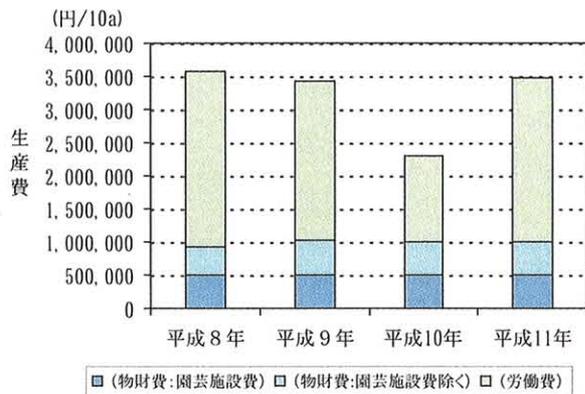


図8 への生産費

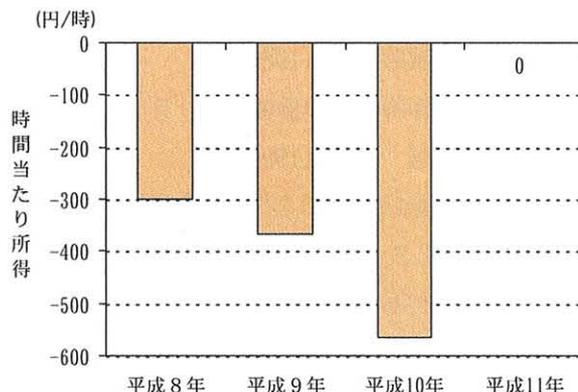


図9 への農業所得

6. 試験の成果と課題

ほうれんそうについては、本試験においても安定した所得が見込める作物であることが確認できた。農業経営安定のための基幹的な作物として栽培ローテーションの中に位置づけることが期待できる作物であるといえる。

へのについては、早来町の厳しい気象条件下では無加温による冬期早だし栽培が困難であり、加温栽培を導入せざるえなかったが、加温栽培では経営費が増加し、加えて2月中旬以降市場価格が急激に低下することが多く、農業所得の確保が困難であることから、現状では栽培に導入するメリットは小さいと判断された。

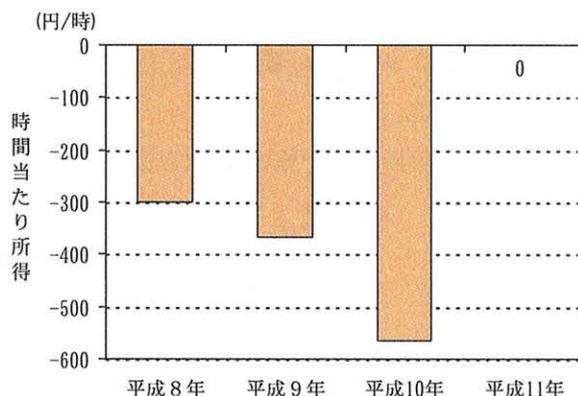


図10 への時間当たり所得

本試験において得られた成果・課題を整理し、以下に示す。

働	作物導入の経緯	試験で得られた成果・課題
ほうれんそう	早来町の中心的な作物であり、将来においても基幹作物として有望であると判断して導入。	①3～11月の栽培期間で年5作栽培することができ(播種時期:3月中旬,5月中旬,7月上旬,8月中旬,9月下旬～10月上旬),収益性が高いとはいえないが,各作期とも安定して農業所得が得られる。 ②各作期に適する品種を選定した。これは,地域での品種選択の参考とすることが期待できる。
ら	収穫期が1～4月であるため,年間を通した労働力の平準化を考えた場合,農業経営の中に組み込む作物として有望であることから導入。	①早来町においては加温無しでは休眠覚醒後の生育が進まず,無加温による冬出し栽培は困難で,加温が必要である。 ②しかし,加温栽培では経営費(園芸施設費や光熱動力費)が増加し,加えて2月中旬以降市場価格が急激に低下することが多く,農業所得の確保が困難であることから,現状では栽培に導入するメリットは小さいと判断される。

参考文献名

- ・北海道農業試験会議（1989）
土壌および作物栄養の診断基準．P P .12 - 13
- ・北海道農政部・監修（1999）
北海道野菜地図（その22）．北海道農業協同組合中央会．P P .48 - 110
- ・西貞夫ら（1984）
訂正追補野菜地図園芸大辞典．養賢堂．P .1328
- ・八鍬利郎・編監修（1987）
北海道の野菜栽培技術（葉茎菜編）．農業技術普及協会．P P .241 - 242
- ・奥野他忠一ら（1978）
応用統計ハンドブック．養賢堂．P P .469 - 470
- ・北海道農政部（1999）
北海道土壌診断基準と施肥対応(改訂版)．P .34

地域課題把握調査におけるDEMATEL法の活用

(株)地域計画センター 村上正俊

1. はじめに ～ワークショップ活動の促進に向けて～

地域活性化に向けた社会基盤整備をより効果的に推進するためには、当該地域において目標とすべき農村像を明確化し、その実現に向けて必要な事業や施策の連携を図りつつ、計画的な土地利用や生活環境改善など多方面にわたる条件整備を一体的に進めていく必要がある。

さらに、無駄のない施設整備と適切な利活用・維持管理を図るために、地域住民の理解と積極的な参加を促す必要がある。

本報告は、地域開発構想策定の過程で、地域が抱える問題構造の解明と、地域におけるワークショップ活動展開を目指し、独立行政法人農業技術研究機構東北農業研究センター（旧東北農試）が開発した「住民参加型地域づくりシステム『TN法』」を活用した調査事例を紹介するものである。

住民参加を基本とする地域開発構想の策定は、構想のトップダウン方式からボトムアップ方式の転換であり、地元関係機関がこれを認識し、地域住民をサポートしていくことが重要である。

このため、本事例では、地域が抱える問題構造の特性把握を目的として、地元関係機関を対象にTN法の一手法であるDEMATEL（デマテル）調査を実施し、問題構造の解明と合わせて、地域におけるワークショップ活動の促進に向けた地元関係機関によるサポートチームの組織化を図ることとした。

2. TN法の概要

TN法（東北農試法）とは、東北農業試験場地域計画研究室により体系化された「住民参加型むらづくり支援システム」であり、「望ましい地域活性

化対策の抽出・分析・評価・選択に関する地域住民の意思決定を支援するためのシステム」と定義されている。

TN法のシステム構成は、住民参加を基本としたむらづくりにおいて、直面することが予測される様々な問題解決の局面に応じて、以下の3段階に大分されている。

○第1ステップ

－地域住民によるアイデアの抽出と評価－

地域活性化等に関するアイデア抽出の一般的な手法は、住民代表によりアイデア発想に携わるチームを結成し、討論会を開催してアイデア記入カードへの記入及びメンバー全員によるアイデアの評価を行う。

発想チームの構成メンバーは、集落の実態に詳しいメンバー、経験豊富な熟年層のメンバー、年齢の若いメンバーなど、タイプの異なる農家に参加してもらい多様なアイデアが出るようにすることが重要である。

また、関係機関職員等によりアイデア抽出をサポートするチームを結成し、実態調査及び文献情報を整理し、発想チームに出来るだけ多くの情報を事前に提供しておくことが必要である。

○第2ステップ

－地域が抱える問題構造の解明及び分析－

第2段階は、地域が抱える問題構造の解明や地域活性化アイデアを実施した場合の効果について解明及び分析を行うものである。

分析は、幾何学的構造分析手法を用いて行う。具体的には、問題構造の要素を行列式に置き換え、

要素間の関係の有無や強弱について計測するものであり、問題の構造や分析目的に応じて「ISM法」、「DEMATEL法」、「認知構造図分析」等の手法を用いる。

分析結果は、地域が抱える問題を構成する複数の要素の関連性を「構造モデル」として図化するとともに要素間の影響の強弱を数値化することにより、問題構造の特徴及び重要な要因を発見し、問題発生メカニズム（または活性化対策の効果の波及メカニズム）を解明するものである。

○第3ステップ

－活性化アイデアの選択－

第3段階は、抽出されたアイデアの中から実施すべき対策を選択するうえで、最終的な意思決定を支援するためのプログラムであり、利用可能な情報の特性に応じて4つの手法がある。

手法1：階層化意思決定法（AHP）

地域活性化項目の重要性を主観的に比較検討する。

手法2：コンコダンス分析

地域活性化項目のメリット・デメリットを総合的に評価する。

手法3：対策効果評価法（DEMATEL法の活用）

課題を効果的に解決できる手法をランキング評価する。

手法4：費用有効度分析+AHP

対策の費用（又は有効度）を一定にした場合の有効度（費用）を比較する。

これらの手法により計測された評価をもとに、地域住民の参加と理解を得て地域活性化に向けた活動を実践し、ワークショップ活動の展開を促すものである。

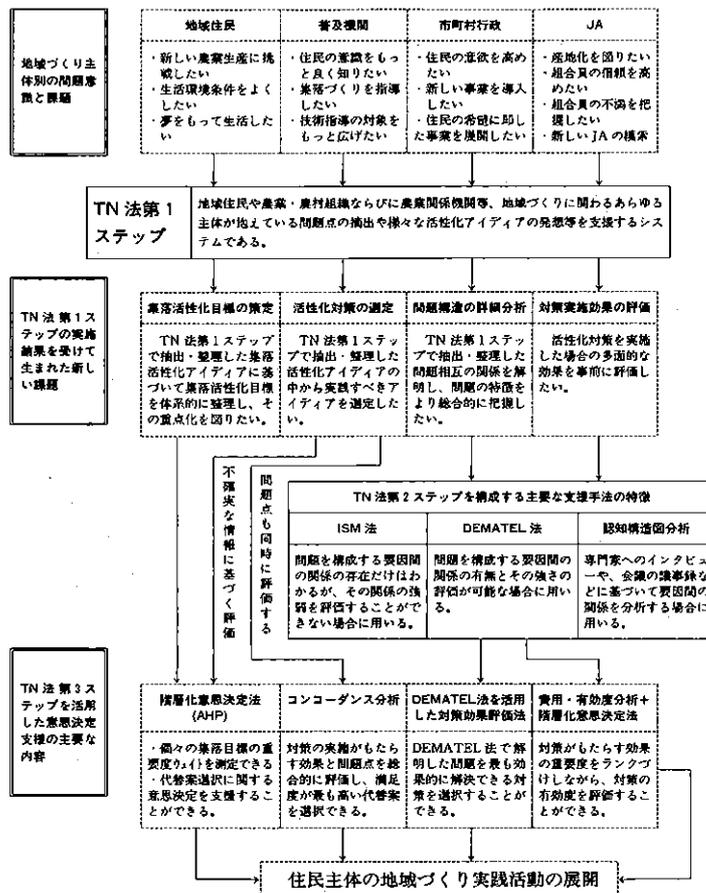


図1：TN法を活用したむらづくり支援の流れと活用手法
 「TN法—むらづくり支援システム—実践事例集（門間敏幸 編著）」より引用

3. DEMATEL法を用いた課題構造分析手法

DEMATEL (DEcision MAKing Trial and Evaluation Laboratory) 法は、直訳すれば「意思決定の試行と評価実験を行うための手法」であり、問題を構成する要因ならびにその要因間の関連が複雑かつ不明確で、通常の方法では分析不可能な問題に対し、要因間の直接的な関係の有無とその強さを定量的に分析・把握することにより、地域が抱える問題構造の特徴及び重要な要因を抽出し、問題発生のメカニズムや問題解決による多面的な効果を解明する手法である。

分析は、グラフ理論に基づく構造グラフの行列演算を中心に進める。

はじめに、当該問題と密接な関係を有する人々を対象として、問題要因の相互関連を把握するためのアンケート調査 (DEMATEL調査) を実施し、この調査結果を行列式 (直接影響行列) に表現することにより、要因間に存在する直接的な影響の有無とその大きさを表現する。

さらに、要因間に存在する間接的な影響を把握するため、正規化直接影響行列を求める。この行列は、直接影響行列における各行毎の要素の合計値を求め、その最大値で直接影響行列の各要素を割ることにより求められる。正規化直接影響行列 (X) を2回掛けることにより得られる行列 X^2 の要素 a_{ij} は、要素 i からある一つの要素を経て要素 j に至る間接効果の強さを示している。

この間接影響効果の全ての合計値と直接影響効果を加えた総合影響行列 (T) は、次式で求められる。

$$\text{総合影響行列 (T)} = X (I - X)^{-1}$$

X = 正規化直接影響行列
I = 単位行列

総合影響行列の要素 t_{ij} は、要素 i が要素 j に及ぼす総合影響 (直接+間接) を表すとともに、要素 j が要素 i から受ける総合影響を示している。

このため、要素 i が所属する行の合計は、要素 i

が他の全ての要素に及ぼす総合影響 (影響度) として把握される。一方、要素 i が所属する列の合計は、要素 i が他の全ての要素から受ける総合影響 (被影響度) として把握される。

要素 i に関する影響度と被影響度の合計は、中心度と呼ばれ、地域が抱える問題構造の中で要素 i がどの程度中心的な役割を果たしているかを判断する指標として用いられる。

また、影響度と被影響度の差 (原因度) は、プラスの場合、要素 i は他に及ぼす影響が大きく、問題構造の中で原因要因として作用していると判断され、マイナスの場合は結果要因であると判断される。

これらの分析結果を基に、複雑な問題構造の特性を定量的に把握するとともに、要素間の影響関係を図示した幾何学的構造モデルを作成することにより、問題発生のメカニズムを解明することが可能である。

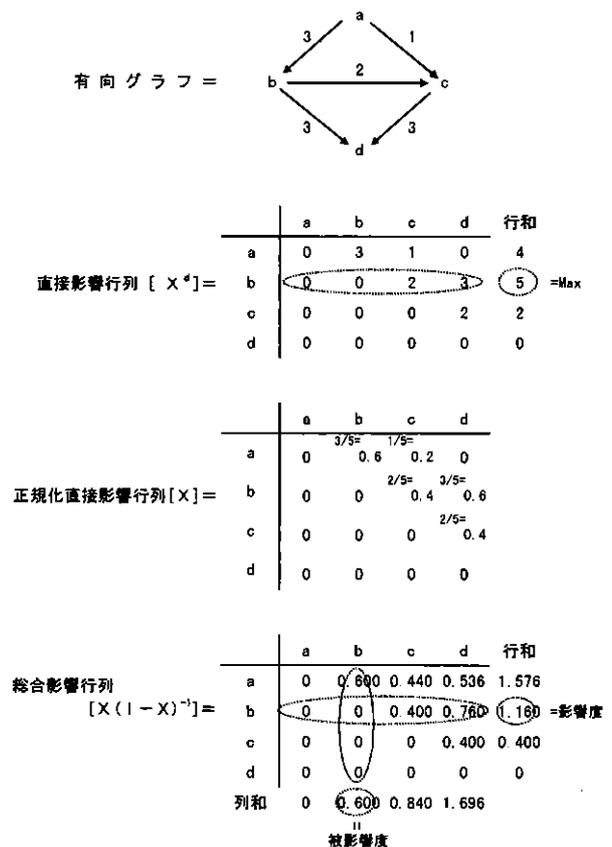


図2：DEMATEL法の分析手順

4. DEMATEL法を用いた地域課題把握調査

(1) 調査の目的

地域農業が抱える様々な問題は、単独で存在するのではなく、各要素が相互に関連をもって存在している。

地域活性化を図る上で、これら問題構造の特性を把握し、問題解決のための効果的なプロセスを解明することが重要である。具体的には、様々な問題の中で、他の問題に多大な影響を及ぼしている基本的な問題を抽出することにより、その課題が解決された場合の波及効果を予測し、課題解決のための効果的な手法の検討に有効に活用するものである。

このため、農家意向調査等により抽出された地域の課題等に関する回答結果を踏まえ、地域の農業情勢及び政策決定に密接な関係を有する地元関係機関（役場、JA、普及センター）の職員を対象とするDEMATEL調査を実施し、地域が抱える問題構造の特性を把握することにより、効果的な問題解決のプロセスを検討し、地域開発構想策定の基礎資料として活用する。

(2) 地域農業が抱える問題要素の抽出

地域農業が抱える問題点の抽出は、統計資料により把握された地域の実態と、地域開発調査で実施した農家意向調査結果及び、JAが組合員を対象に行った意向調査結果を踏まえ、表1の通り抽出した。

表1：地域農業が抱える問題点の抽出

地域が抱える問題点	問題点の内容	問題点抽出の基礎とした資料
1. 兼業農家の増加	・地域農業の中核を担う担い手が不足	農業センサス(兼業化率 58%)
2. 担い手の高齢化と後継者の不足	・労働力の不足が深刻な課題	〃 (高齢化率 42%、後継者不在 39%)
3. 耕作放棄地や不作付地の増加	・総体的な農業生産の停滞	〃 (不作付+放棄地 94ha : 2%)
4. 農地の分散	・離農跡地の継承に伴い団地数が増加	意向調査(平均 2~3 団地)
5. 狭小区画圃場が多い	・効率的な農作業に支障	農業センサス(30a 区画未済 21%)
6. 排水対策など圃場の質的整備推進	・暗渠整備に対する要望が多い	意向調査(必要な基盤整備)
7. 営農形態や経営規模の格差	・農作業共同化の抑制要因となっている。	農協による意向調査(高品質米生産について)
8. 農作業受委託など営農支援体制の整備推進	・将来的に必要とする意向が多い	意向調査(経営の集団化・共同作業)
9. 農家の抱える負債問題	・営農上の課題(第5位)、担い手対策(第2位)	〃 (営農上の課題・担い手対策)
10. 農畜産物価格の低迷	・基幹作物の価格低迷、野菜類の価格変動	〃 (営農上の課題第1位)
11. 地域特産品の不足	・新たな特産品開発が必要とする意見が多い	〃 (将来の農業振興)
12. 都市農村間の交流促進	・地域活性化に向けて人が訪れる施設が不足	〃 (地域活性化について)
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進	・後継者の確保、高齢者の生き甲斐対策として	〃 (後継者及び高齢者対策等)
14. 集落内の連体意識の低下	・農事組合内の課題として挙げられている	農協による意向調査(農事組合内の課題)
15. 就業機会が少ない	・後継者の殆ど町外で農業以外の仕事に従事	〃 (後継者の状況)

(3) DEMATEL調査の実施

抽出した問題要素の相互関係を把握するため、DEMATEL法の調査形式の一つである行列形式の調査票を用いて、地域が抱える問題点に対する認識調査を実施した。

調査は、地元関係機関の意見交換会の場を借りて実施し、役場、JA、普及センターの職員12名を対象として、アンケート調査の目的、TN法の概要、調査票記入の注意事項等について説明した後、調査票への記入及び回収を行った。

問題要素の数は、当初20項目を設定していたが、調査票の記入に1時間程度の時間を要することから、回答者の負担を軽減するため、類似する項目を一つにまとめ15項目に絞り込み、回答作業の簡素化を図った。

地域活性化方策検討のための地域農業問題を構成する要素間の相互関連に関する調査票

所属：(役場・農協・事業所・普及センター) 整理番号： _____

回答項目	Q1. 問題の深刻さについて					Q2. 行(左)に示した問題の発生による直接的な影響 (3=非常に影響がある、2=影響がある、1=やや影響がある、0=影響がない)															
	非常に深刻	かなり深刻	深刻	やや深刻	深刻でない	1 農業農家の増加	2 担い手の高齢化と後継者の不足	3 耕作放棄地や不耕作地の増加	4 農地の分散	5 狭小区画圃場が多い	6 排水対策など圃場の質的整備推進	7 営農形態や経営規模の格差	8 農作業受委託など営農推進	9 農家の抱える負債問題	10 農畜産物価格の低迷	11 地域特産品目の不足	12 都市農村間交流の促進	13 住環境整備など生活基盤の整備推進	14 集落内の運搬意識の低下	15 地域内就業機会の不足	
地域が抱える問題点																					
1. 農業農家の増加						●															1
2. 担い手の高齢化と後継者の不足							●														2
3. 耕作放棄地や不耕作地の増加								●													3
4. 農地の分散									●												4
5. 狭小区画圃場が多い										●											5
6. 排水対策など圃場の質的整備推進											●										6
7. 営農形態や経営規模の格差												●									7
8. 農作業受委託など営農推進													●								8
9. 農家の抱える負債問題														●							9
10. 農畜産物価格の低迷															●						10
11. 地域特産品目の不足																●					11
12. 都市農村間交流の促進																	●				12
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進																		●			13
14. 集落内の運搬意識の低下																			●		14
15. 地域内就業機会の不足																				●	15

【回答例】 Q1：地域農業の維持・発展に係る課題の「深刻度」について5段階で評価し、○印を記入して下さい。

Q2：行(左)に示した問題が、列(上)に示した各問題に対して、どの程度の影響があるか4段階で評価して下さい。
非常に影響がある=「3」、影響がある=「2」、やや影響がある=「1」、影響がない=「0」

	深刻である	深刻でない	高齢化	高齢化
1. 農業農家の増加	○		○	○
2. 担い手の高齢化と後継者の不足		○	○	○

「農業農家の増加」が深刻化(又は改善)することにより「担い手の高齢化」に与える影響は「1」と評価。
「担い手の高齢化」が深刻化(又は改善)することにより「農業農家の増加」に与える影響は「3」と評価。

図3：DEMATEL調査に用いた調査票

(4) 地域農業が抱える問題構造の分析

「Q1.問題の深刻さ」に関する調査は、深刻さを5段階に区分して評価してもらい、各評価の回答率に深刻さの重み係数を乗じて評価点を算定した。この結果、地元関係機関が特に深刻であると評価した問題は、「2.担い手の高齢化と後継者の不足」、「10.農畜産物価格の低迷」、「9.農家の負債問題」であった。

これらの課題を中心として、各問題が地域に及ぼす影響とその発生メカニズムを解明するため「Q2.問題要素の相互関連」の調査結果を用いてDEMATEL分析を行った。

DEMATEL分析の結果から、各要素の影響の強さを示したものが表2である。

地元関係機関の認識では、地域農業が抱える問題構造の中で中心的な役割を果たしている要素は、中心度が大きい「2.担い手の高齢化と後継者の不足」、「7.営農形態や経営規模の格差」、「8.農作業受

委託など営農支援体制の整備推進」である。これらは、原因度がマイナスであることから、他の問題発生による結果要因として評価されており、中心度が比較的高く、かつ原因度がプラスである「農畜産物価格の低迷」等が原因要素として評価されている。

DEMATEL分析により把握された中心度や原因度は、個々の要素(課題)における影響の強さを把握することに適しているが、問題構造全体における影響の関係性を把握することには適していない。このため、DEMATEL分析により整理した総合影響行列を基に問題構造モデルを図化し、各問題の相互影響関係を把握する必要がある。

表2：「地域が抱える問題」を構成する各要素の中心度及び原因度

集計項目	A 影響度	B 被影響度	A+B 中心度	A-B 原因度	Q1 深刻度
1. 兼業農家の増加	2,904 (7位)	3,003 (6位)	5,907 (7位)	-99 (9位)	42 (9位)
2. 担い手の高齢化と後継者の不足	3,636 (1位)	3,724 (1位)	7,360 (1位)	-86 (8位)	79 (1位)
3. 耕作放棄地や不作付地の増加	2,988 (5位)	3,470 (2位)	6,458 (5位)	-482 (15位)	54 (4位)
4. 農地の分散	2,400 (9位)	2,630 (9位)	5,030 (9位)	-230 (14位)	33 (10位)
5. 狭小区圃圃場が多い	2,072 (12位)	2,185 (11位)	4,257 (11位)	-113 (10位)	19 (15位)
6. 排水対策など圃場の質的整備推進	2,687 (8位)	2,837 (8位)	5,524 (8位)	-150 (12位)	46 (6位)
7. 営農形態や経営規模の格差	3,201 (4位)	3,424 (3位)	6,625 (2位)	-223 (13位)	44 (8位)
8. 農作業受委託など営農支援体制の整備推進	3,270 (3位)	3,300 (4位)	6,570 (3位)	-30 (7位)	46 (6位)
9. 農家の抱える負債問題	2,971 (6位)	2,960 (7位)	5,931 (6位)	11 (6位)	63 (3位)
10. 農畜産物価格の低迷	3,484 (2位)	3,024 (5位)	6,508 (4位)	460 (1位)	75 (2位)
11. 地域特産品目の不足	2,082 (11位)	1,739 (13位)	3,821 (12位)	343 (3位)	27 (11位)
12. 都市農村間交流の促進	2,050 (13位)	1,592 (14位)	3,642 (14位)	458 (2位)	23 (12位)
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進	1,873 (14位)	1,820 (12位)	3,693 (13位)	53 (5位)	23 (12位)
14. 集落内の連帯意識の低下	2,231 (10位)	2,376 (10位)	4,607 (10位)	-145 (11位)	23 (12位)
15. 地域内就業機会の不足	1,740 (15位)	1,505 (15位)	3,245 (15位)	235 (4位)	50 (5位)

注1：影響度は総合影響行列の行和、被影響度は列和により算定される。

表3：「Q1. 地域が抱える問題の深刻さ」に関する評価結果

地域が抱える問題	回答結果					集計結果(名)					回答率(%)					深刻度 評価点
	非常に 深刻	かなり 深刻	深刻	やや 深刻	深刻で ない	非常に 深刻	かなり 深刻	深刻	やや 深刻	深刻で ない	非常に 深刻	かなり 深刻	深刻	やや 深刻	深刻で ない	
1. 兼業農家の増加	0	1	7	3	1	0.0	8.3	58.3	25.0	8.3	42					
2. 担い手の高齢化と後継者の不足	4	6	2	0	0	33.3	50.0	16.7	0.0	0.0	79					
3. 耕作放棄地や不作付地の増加	0	5	4	3	0	0.0	41.7	33.3	25.0	0.0	64					
4. 農地の分散	0	0	7	2	3	0.0	0.0	58.3	16.7	25.0	33					
5. 狭小区圃圃場が多い	0	0	2	5	5	0.0	0.0	16.7	41.7	41.7	19					
6. 排水対策など圃場の質的整備推進	0	3	5	3	1	0.0	25.0	41.7	25.0	8.3	46					
7. 営農形態や経営規模の格差	0	4	2	5	1	0.0	33.3	16.7	41.7	8.3	44					
8. 農作業委託など営農支援体制の整備推進	2	1	4	3	2	16.7	8.3	33.3	25.0	16.7	46					
9. 農家の抱える負債問題	3	3	3	3	0	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	63					
10. 農畜産物価格の低迷	6	3	1	1	1	50.0	25.0	8.3	8.3	8.3	75					
11. 地域特産品目の不足	0	1	0	10	1	0.0	8.3	0.0	83.3	8.3	27					
12. 都市農村間交流の促進	0	0	2	7	3	0.0	0.0	16.7	58.3	25.0	23					
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進	1	0	2	3	6	8.3	0.0	16.7	25.0	50.0	23					
14. 集落内の過密意識の低下	0	0	4	3	5	0.0	0.0	33.3	25.0	41.7	23					
15. 地域内就業機会の不足	3	1	3	3	2	25.0	8.3	25.0	25.0	16.7	50					

注1：深刻度評価点は、深刻さの重み係数を「非常に深刻=100」、「かなり深刻=75」、「深刻=50」、「やや深刻=25」、「深刻でない=0」とし、各回答項目の回答率を乗じて算出した。
注2：深刻度評価点が50以上の項目については、太字で表記している。

表4：「Q2. 地域が抱える問題を構成する要素間の相互関連」に関する評価結果（直接影響=X^d）

地域が抱える問題点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	行和	順位
1. 兼業農家の増加	/	21	20	14	13	13	29	25	15	17	10	5	12	18	16	228	7位
2. 担い手の高齢化と後継者の不足	20	/	34	22	11	22	26	27	21	17	18	22	19	21	16	296	1位
3. 耕作放棄地や不作付地の増加	17	25	/	20	17	27	23	24	17	13	8	10	7	17	10	235	5位
4. 農地の分散	11	16	21	/	18	23	20	21	13	11	5	3	5	13	5	185	9位
5. 狭小区圃圃場が多い	13	9	14	19	/	21	20	21	12	12	1	1	7	5	2	157	13位
6. 排水対策など圃場の質的整備推進	16	20	24	20	21	/	18	20	20	18	3	2	9	11	5	207	8位
7. 営農形態や経営規模の格差	23	27	22	14	16	20	/	23	27	27	9	5	10	16	9	248	4位
8. 農作業委託など営農支援体制の整備推進	25	30	27	23	24	22	23	/	19	21	6	4	5	17	9	255	3位
9. 農家の抱える負債問題	22	27	21	14	10	18	24	18	/	24	15	9	11	12	4	229	6位
10. 農畜産物価格の低迷	24	27	25	14	13	21	24	21	29	/	21	16	19	15	9	278	2位
11. 地域特産品目の不足	15	18	10	8	4	8	14	11	14	22	/	15	6	9	5	159	12位
12. 都市農村間交流の促進	8	19	10	6	4	4	13	9	12	19	19	/	18	13	8	162	11位
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進	12	20	11	6	3	4	12	8	12	17	6	15	/	9	9	144	14位
14. 集落内の過密意識の低下	16	22	19	14	5	7	14	16	9	16	9	9	7	/	8	171	10位
15. 地域内就業機会の不足	13	20	11	7	3	3	9	14	11	10	6	11	9	6	/	133	15位
列和	235	301	269	201	162	213	269	258	231	244	136	127	144	182	115	3,087	/

注1：各要素の数値は、行(左)に示した問題が(列)に示した問題に対してどのような影響を及ぼしているかについて、回答者によって下された評価結果(4段階：0点～3点)を合計したものである。
注2：各要素の直接評価値が50以上(評価点2.5点×20名)、行和及び列和が400(平均点)以上については、太字で表記している。
注3：要素の順位が上位になるほど他の問題に対する直接的な影響が大きいことを示す。

表5：総合影響行列 (T=X [I-X]⁻¹)

地域が抱える問題点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	影響度(A)
1. 兼業農家の増加	166	271	255	191	164	200	278	261	211	219	126	103	137	188	134	2,904 (278)
2. 担い手の高齢化と後継者の不足	268	255	342	249	187	264	315	309	268	280	175	177	163	230	154	3,636 (342)
3. 耕作放棄地や不作付地の増加	224	287	199	215	181	248	266	264	222	211	122	119	124	189	117	2,988 (287)
4. 農地の分散	173	219	226	123	162	207	220	219	177	172	92	79	97	150	84	2,400 (226)
5. 狭小区圃圃場が多い	161	175	184	167	92	183	199	198	157	157	69	62	92	111	65	2,072 (199)
6. 排水対策など圃場の質的整備推進	205	251	254	201	182	150	234	234	215	209	97	85	120	157	93	2,687 (254)
7. 営農形態や経営規模の格差	256	309	283	207	186	239	210	274	265	269	135	112	142	196	121	3,201 (309)
8. 農作業委託など営農支援体制の整備推進	265	321	303	239	215	251	287	208	244	250	126	109	128	202	122	3,270 (321)
9. 農家の抱える負債問題	239	293	264	194	158	220	269	244	168	245	147	119	138	174	99	2,971 (293)
10. 農畜産物価格の低迷	273	326	307	218	186	254	301	283	285	199	181	156	180	205	128	3,484 (326)
11. 地域特産品目の不足	167	204	170	129	99	138	180	165	183	189	71	112	94	124	77	2,082 (204)
12. 都市農村間交流の促進	142	204	166	119	95	121	173	155	153	178	131	65	129	134	85	2,050 (204)
13. 住環境整備など生活基盤の整備推進	145	186	159	112	86	113	160	142	144	161	84	107	86	115	84	1,873 (195)
14. 集落内の過密意識の低下	178	228	208	157	110	145	190	191	155	177	104	97	100	102	91	2,231 (228)
15. 地域内就業機会の不足	141	186	150	109	82	104	142	153	133	131	79	90	90	99	51	1,740 (186)
被影響度(B)	3,003 (273)	3,724 (328)	3,470 (342)	2,630 (249)	2,185 (215)	2,837 (264)	3,424 (315)	3,300 (309)	2,960 (285)	3,024 (266)	1,739 (181)	1,592 (177)	1,820 (183)	2,376 (230)	1,505 (154)	/

注1：数値はDEMATEL分析により得られた数値を1,000倍した値で表記している。
注2：影響度及び被影響度の()は、行列要素の最大値を表す。
注3：影響度または被影響度が最大である行列要素は、太字で表記している。

(5) 問題要素の影響関係モデル図の作成

地域農業が抱える問題構造を明確化し、その特性を具体的に把握するため、問題構造の幾何学的モデルを作成し、地域開発構想の基本方向について検討した。

構造モデルの作成は、現実的には蜘蛛の巣状に関連する問題構造を地元関係機関職員の主観に基づき、最も影響が強いと評価された相互関係を指標化するものであり、DEMATEL分析の総合影響行列に示される各行列要素の総合影響度が最大である行列要素を抽出し、要素間の影響関係を矢印で表すことにより図化（図4）した。

その結果、「担い手の高齢化と後継者の不足」を中心とする相互関連が示され、各問題の影響関係の悪循環（図中のA～D）により、後継者不足が更に深刻化するという関係が浮き彫りとなった。

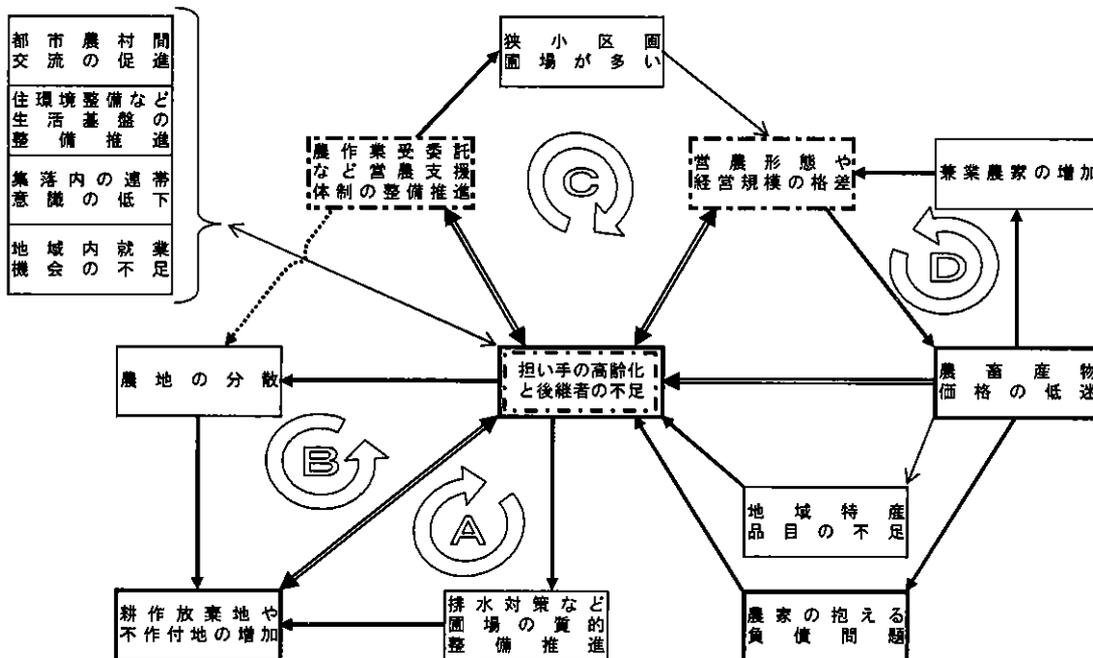
「耕作放棄地や不作付地の増加」に関する影響関係（A及びB）をみると、担い手の高齢化による適切な管理・整備が施されない圃場の増加（質的整備

備の遅れ）及び、離農跡地継承に伴うほ場の分散が不作付地の発生に繋がっている。更に不作付地の発生に伴う粗生産額の減少が後継者の流出を促進し、悪循環となっている。地域では近年、道営事業等により暗渠を中心とした整備が進められており、質的整備の推進が「不作付地の発生」に関する影響関係の改善に繋がっていることがわかる。

一方、地域の問題構造において中心的な役割を果たしている「営農支援体制の推進」及び「営農形態及び規模の格差」に関する影響関係（C及びD）については、現在のところ具体的な対策が施されていない状況である。

将来的に農家数の更なる減少が避けられない状況にあることから、B（農地の分散）を含むC及びDの影響関係の出発点となる「営農支援体制の整備」に関する対策に取り組み、マイナスの影響関係をプラスに転換することにより、問題発生メカニズムの改善を図る必要があると判断した。

図4：問題要素の影響関係モデル図



注1：矢印の向きは影響の方向を表し、線の太さは影響の大きさを表している。（二重線=総合影響度300以上、太線=200～300、細線=200未満、点線=影響度が第2位）
 注2：各要素（問題点）を囲む枠は、太線が深刻度が高い要素を表し、破線は中心度が高い要素を表す。
 注3：矢印A～Dは、問題発生メカニズムにおいて悪循環を呈している構造を表す。

具体的には、農作業受委託や生産の共同化を促進することにより見込まれる「圃場区画拡大意向の増加」及び、その波及的効果として「地域農業における兼業農家の役割を明確化」し、「営農形態や経営規模の格差」を補う地域ぐるみの生産体制を確立することにより、スケールメリットの発揮や農畜産物の付加価値向上を促し、経営体質の改善と意欲ある担い手の育成を図る。

地域では、農畜産物価格の低迷など近年の厳し

い農業情勢を背景として、生産基盤への投資を抑制する農家が多く、特に緊急性を有する暗渠等一部の整備を除き、圃場区画拡大に対する農家の関心は低い状況にある。

このため、地域の実情に即した営農支援体制の確立に向けて、担い手の積極的な参加を促す必要があり、地域農業の問題構造を具体化して説明し、問題解決の必要性とその波及効果について理解を促すことが重要である。

表6：構造モデル作成の基礎表

当該要素に与える影響が大きい要素	地域が抱える問題	深刻度	当該要素から受ける影響が大きい要素
No.10 (273) →	No. 1 兼業農家の増加	42	No. 7 (278)
No.10 (328) →	No. 2 担い手の高齢化と後継者の不足	79	No. 3 (342)
No. 2 (342) →	No. 3 耕作放棄地や不作付地の増加	54	No. 2 (287)
No. 2 (249) →	No. 4 農地の分散	33	No. 3 (226)
No. 8 (215) →	No. 5 狭小区画圃場が多い	19	No. 7 (199)
No. 2 (264) →	No. 6 排水対策など圃場の質的整備推進	46	No. 3 (254)
No. 2 (315) →	No. 7 営農形態や経営規模の格差	44	No. 2 (309)
No. 2 (309) →	No. 8 農作業受委託など営農支援体制の整備推進	46	No. 2 (321)
No.10 (285) →	No. 9 農家の抱える負債問題	63	No. 2 (293)
No. 7 (266) →	No.10 農畜産物価格の低迷	75	No. 2 (328)
No.10 (181) →	No.11 地域特産品目の不足	27	No. 2 (204)
No. 2 (177) →	No.12 都市農村間交流の促進	23	No. 2 (204)
No. 2 (183) →	No.13 住環境整備など生活基盤の整備推進	23	No. 2 (195)
No. 2 (230) →	No.14 集落内の運搬意識の低下	23	No. 2 (226)
No. 2 (154) →	No.15 地域内就業機会の不足	50	No. 2 (186)

注1：深刻度評価点が50以上は、太字で表記した。

注2：()は、行列要素の総合影響度を表す。

表7：影響度及び被影響度のトップ3

要素No.	影響度が高い要素No.			被影響度が高い要素No.		
	1位	2位	3位	1位	2位	3位
No. 1	No. 7 (278)	No. 2 (271)	No. 8 (281)	No.10 (273)	No. 2 (268)	No. 8 (265)
No. 2	No. 3 (342)	No. 7 (315)	No. 8 (309)	No.10 (328)	No. 8 (321)	No. 7 (309)
No. 3	No. 2 (287)	No. 7 (266)	No. 8 (264)	No. 2 (342)	No.10 (307)	No. 8 (303)
No. 4	No. 3 (226)	No. 7 (220)	No. 2 (219)	No. 2 (249)	No. 8 (239)	No.10 (218)
No. 5	No. 7 (199)	No. 8 (198)	No. 3 (184)	No. 8 (215)	No. 2 (187)	No. 7 (186)
No. 6	No. 3 (254)	No. 2 (251)	No. 7 (234)	No. 2 (264)	No.10 (254)	No. 8 (251)
No. 7	No. 2 (309)	No. 3 (283)	No. 8 (274)	No. 2 (315)	No.10 (301)	No. 8 (287)
No. 8	No. 2 (321)	No. 3 (303)	No. 7 (287)	No. 2 (309)	No.10 (283)	No. 7 (274)
No. 9	No. 2 (293)	No. 7 (269)	No. 3 (264)	No.10 (285)	No. 2 (268)	No. 7 (265)
No.10	No. 2 (328)	No. 3 (307)	No. 7 (301)	No. 7 (266)	No. 2 (260)	No. 8 (250)
No.11	No. 2 (204)	No.10 (189)	No. 7 (180)	No.10 (181)	No. 2 (175)	No. 9 (147)
No.12	No. 2 (204)	No.10 (178)	No. 7 (173)	No. 2 (177)	No.10 (156)	No. 3 (119)
No.13	No. 2 (195)	No.10 (161)	No. 7 (160)	No. 2 (183)	No.10 (180)	No. 7 (142)
No.14	No. 2 (226)	No. 3 (208)	No. 8 (191)	No. 2 (230)	No.10 (205)	No. 8 (202)
No.15	No. 2 (186)	No. 8 (153)	No. 3 (150)	No. 2 (154)	No. 1 (134)	No.10 (128)

注1：()は、行列要素の総合影響度を表す。

5. あとがき

住民参加による意見抽出を行う上で、議題となるテーマの選定が重要である。

具体的には、「地域活性化」など幅広い意味を有するテーマではなく、「営農支援体制の整備方向」や「新規就農者の受入対策」等、的を絞ったテーマを議題とすることにより、現実的かつ具体的な意見交換がなされ、取り組むべき対策を明確にした構想策定が可能になる。

本事例のDEMATEL法を活用した地域課題把握調査手法は、地域において優先的に取り組むべき課題を抽出するものであり、住民主体の意見交換に向けたテーマの選定及び、たたき台となる構想(案)の検討等を図る上で有効な手法である。

さらに、構想策定に限らず、事業中及び事業完了後のワークショップ活動の継続的な展開に向けて、住民代表のパイプ役となる地元関係機関の役割が重要であり、地元関係機関を対象とするDEMATEL調査等の実施は、ワークショップ活動推進の支援体制を強化する意味でも有効である。

本事例で用いたDEMATEL調査及び分析の手法は、「TN法－むらづくり支援システム－実践事例集(門間敏幸 編著)」等で紹介されているところであるが、本報告では、「問題要素の影響関係モデル図」の作成手法について、私なりの整理手法を検討している。

今後、TN法等に代表されるこれらの手法を活用し、住民参加を基本とする地域開発計画策定の具体的運用について学習・検討していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 門間敏幸:「TN法－むらづくり支援システム－実践事例集」(農林統計協会)
- 2) 門間敏幸:「TN法－住民参加の地域づくり－」(家の光協会)
- 3) 竹堤やす子・山浦新一郎:「新たな田園都市の創造に向けて－活性化構想から始まった住民主体の村づくり－」(農村計画学会誌Vol.20, No4, 2002年3月)

GIS を活用した既存報告書・設計図書の整理システムの概要

中央開発(株)札幌支店 大 熊 勉
佐藤 勝 行

1. はじめに

農業農村整備事業を実施している事務所及び事業所には、実施設計・協議関連の報告書や業務発注された測量／調査／工事関連の報告書／工事写真類／設計図書等の多大な資料が保管されています。しかし、これら保管図書類は、貴重であるようですが、古い資料に対して有効に活用されていないのが現状のように思料されます。

本システムは、GIS（地理情報システム）とデータベース（G-Cube システム）機能を活用して『〇〇地区』や『構造物（主要含む）等』を選択することで、電子化された報告書を検索し、内容を確認することができます。

また、検索した報文類が地盤情報等の地質調査報告書の場合には、新たに地質想定断面図の作成／地盤物性値の見直し／地盤構造の可視化／試験値の統計処理や再解析を可能としています。したがって、本システムの用途としては、数千冊程度の報告書類（〇〇地区及び一事業単位で発生すると思われる報文類の総冊）であればノートパソコン1台で管理することが可能です。このシステムを活用することによって、下記の項目について省力化できます。

- (1) 報告書検索の簡素化
- (2) 既存報文類の有効活用
- (3) 構造物の維持管理
- (4) 被災時の応急対策
- (5) 類似報文類及び協議書類の検索

このことにより、本システムを活用することで『コスト削減』、『工期短縮』及び『精度向上』等を図ることが可能となります。

2. システムの概要

このシステムは、『電子化された報文図書類』と『委託管理及び新規事業計画の活用』から構成されており、図書整理における基本方針の流れを図2-1に示します。

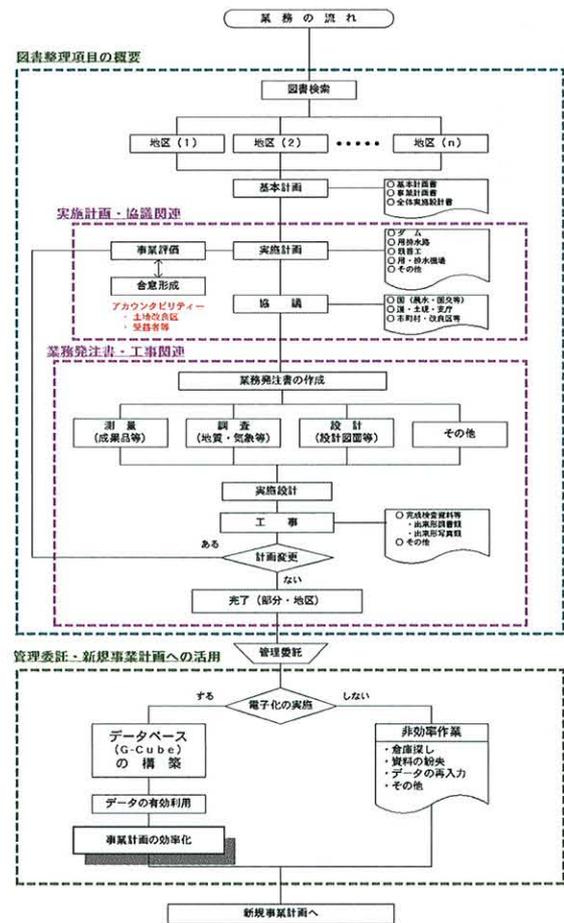


図2-1 図書整理の基本方針の流れ

このシステムにおける既存報告書及び設計図書類の検索の流れを図2-2に示します。

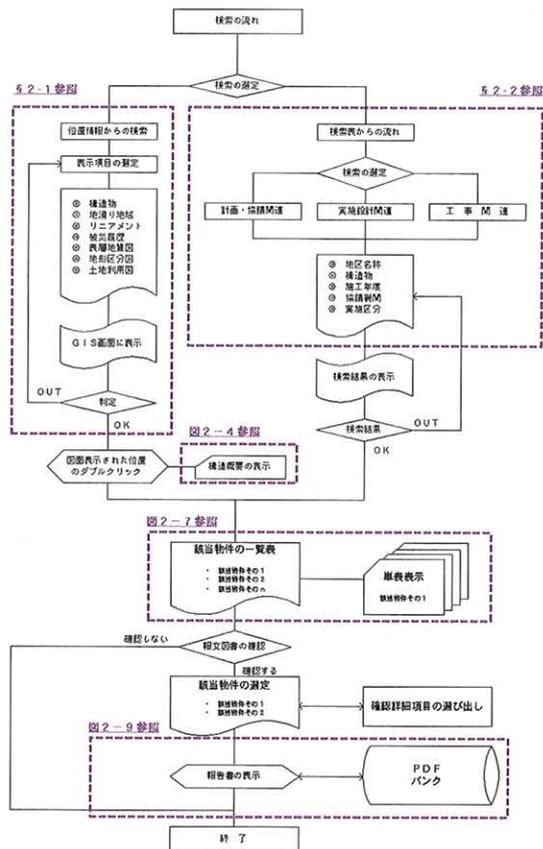


図2-2 図書検索（構造部表示）の流れ

検索方法は、原則として下記の2種類から選定します。

- (1) 位置情報からの検索
- (2) 帳票からの検索

2-1 位置情報からの検索

位置情報からの検索には、GIS画面に表示される地区を選定します（図2-3参照）。選定された地区には、詳細検索ツールとして

- * 構造物（ダム／頭首工／用・排水路など）
- * 地すべり地域
- * 被災履歴

などの区分から、詳細検索が可能です。

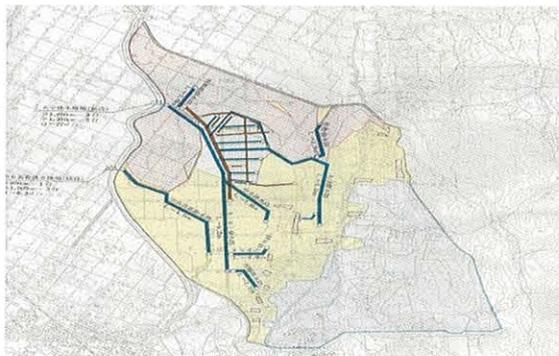


図2-3 GIS画面での地区表示

また、構造物による細部検索ツールを利用すれば、既存の地質調査業務（地盤柱状図／室内土質

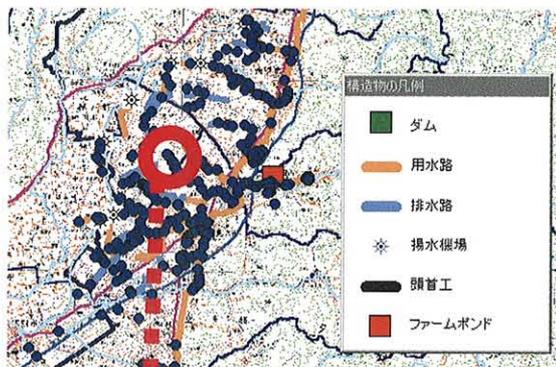


図2-4 構造物区分に対応した地質調査位置



図2-5 調査位置の拡大表示

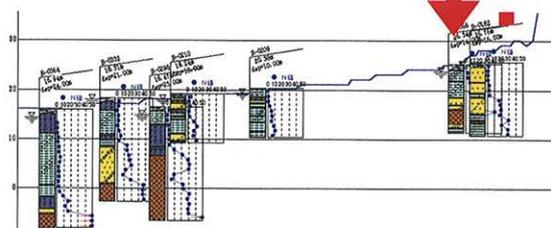


図2-6 地盤断面図の表示例

試験／原位置試験／各種サウンディング試験など）位置及び内容を確認することが可能です（図2-4, 2-5, 2-6参照）。

位置情報からの検索結果は、図2-7に示すウインドウと伴に該当報文が表示されます。なお、検索結果よりPDF表示（報文及び設計図面）と地図表示（該当構造物位置をGIS画面上に表示させる）の選択が可能です。



図2-7 検索結果の表示例

2-2 帳票からの検索

検索の手法に帳票を選択すると、図2-7に示す検索帳票が表示します。

検索の流れは、検索する図書が『実施計画・協議関連』または『業務発注・工事関連』であるかを選択します。

選定された関連図書には、細部検索ツールが用意されており、該当図書の絞込みに役立ちます。

- * 業務名称
- * 実施年度
- * 構造物の種類（ダム／頭首工／水路など）
- * 協議関連（国／道／市町村／その他）

また、構造物区分で絞り込む場合には、表2-8に示す構造物における名称の単表表示（概要写真／工事概要／施工時期／施工会社など）や検索物件の地図表示が可能であるため、『主観検索』や『あいまい検索』を可能にしています。

工事名：平成14年度 河口地区 河口幹線用水路建設工事																					
<p>< 工事概要写真 ></p>	<p>< 発注概要 ></p> <table border="1"> <tr><td>実施年度</td><td>平成14年度</td></tr> <tr><td>地区名</td><td>河口地区</td></tr> <tr><td>発注名</td><td>河口幹線用水路建設工事</td></tr> <tr><td>発注主</td><td>札幌開発建設局</td></tr> <tr><td>事務所名</td><td>札幌開発事務所</td></tr> <tr><td>工事場所</td><td>空知厚田町一〇町</td></tr> <tr><td>施工期</td><td>自 平成12年4月10日 至 平成13年3月20日</td></tr> <tr><td>発注担当者</td><td>河口建設札幌支店</td></tr> <tr><td>TEL</td><td>011-222-2888</td></tr> <tr><td>FAX</td><td>011-222-2884</td></tr> </table>	実施年度	平成14年度	地区名	河口地区	発注名	河口幹線用水路建設工事	発注主	札幌開発建設局	事務所名	札幌開発事務所	工事場所	空知厚田町一〇町	施工期	自 平成12年4月10日 至 平成13年3月20日	発注担当者	河口建設札幌支店	TEL	011-222-2888	FAX	011-222-2884
実施年度	平成14年度																				
地区名	河口地区																				
発注名	河口幹線用水路建設工事																				
発注主	札幌開発建設局																				
事務所名	札幌開発事務所																				
工事場所	空知厚田町一〇町																				
施工期	自 平成12年4月10日 至 平成13年3月20日																				
発注担当者	河口建設札幌支店																				
TEL	011-222-2888																				
FAX	011-222-2884																				
<p>< 構造図 ></p>	<p>< 工事概要 ></p> <table border="1"> <tr><td>パイプラインの材質</td><td>鋼管</td></tr> <tr><td>管径</td><td>径2000mm</td></tr> <tr><td>基礎形式</td><td>基礎基礎</td></tr> <tr><td>敷設方法</td><td>-</td></tr> <tr><td>敷設長さ</td><td>6,200m</td></tr> <tr><td>管間</td><td>-</td></tr> </table>	パイプラインの材質	鋼管	管径	径2000mm	基礎形式	基礎基礎	敷設方法	-	敷設長さ	6,200m	管間	-								
パイプラインの材質	鋼管																				
管径	径2000mm																				
基礎形式	基礎基礎																				
敷設方法	-																				
敷設長さ	6,200m																				
管間	-																				

図2-8 単表表示（構造物概要）

2-3 報文類の電子化

既存報告書や設計図書類を電子化するためには、日本語ワープロソフト（Word／一太郎など）や表計算ソフト（Excel／ロータス123など）及び

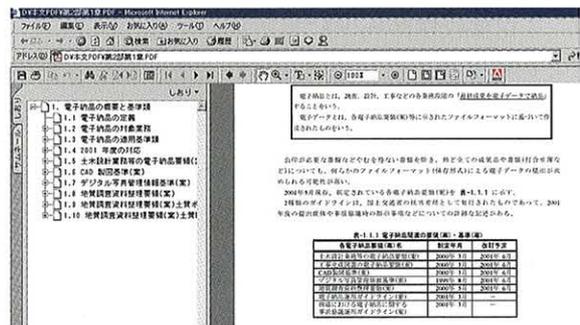


図2-9 PDFで読み込まれた文章の表示例

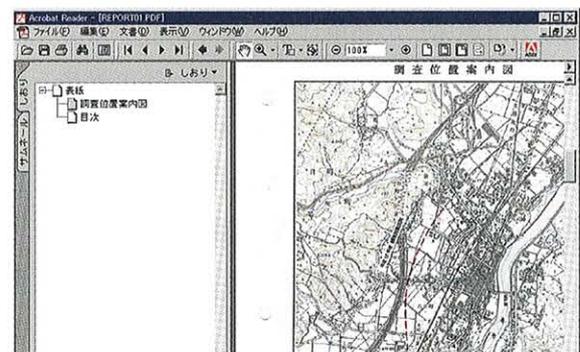


図2-10 PDFで読み込まれた地形図の表示

CADソフトの統一や技術計算ソフトの出力ファイル/現場・工事写真/土質柱状図/室内土質試験データ等の電子化が必要になります。全てのデータをデジタル化すれば、ファイル容量が軽く大量のデータが保存できますが、複数のフォーマットが存在するためにファイル形式が煩雑になり易く、データ変換費用も高価になります。このシステムでは、使用（又は利用）頻度の低い既存報告書類（利用頻度は低いが破棄できない報告書及び設計図面類）は、PDF (Portable Document Format) 化することで、大量の紙情報（厚さ20cm程度のA4版報告書）がコンパクト化（CD-ROM 1枚）させることが可能です。なお、PDF化は、平成12年3月（同8月1日改訂）に開示した国土交通省「土木設計業務等の電子納品要領（案）」に準拠させています。

3. その他の機能について

このシステムは、電子化された既存報告書を位置情報（GIS機能）及び帳票から検索して、ディスプレイに表示（印刷も可能であるが原則としてペーパーレス化が基本）させ、必要な情報を得ることを基本としたシステムです。このシステムの心臓部となるデータベースシステムは、統合地盤情報管理システム（G-Cube：弊社開発製品“NETIS No.KT-990372”に登録済）を活用しているため、利用者（顧客）の要望に合わせた特化システムの構築が可能となります。なお、その他の機能として、G-Cube（データベース）の基本機能について説明します。

3-1 柱状図および土質試験結果

GIS上に表示されている既往調査地点を指定することで、図3-1に示す土質柱状図や図3-2に示す土性図を表示させることができ、領域（複数地点）を選定することで土質試験結果の集合図や深度分布図などができます（図3-3、3-4参照）。

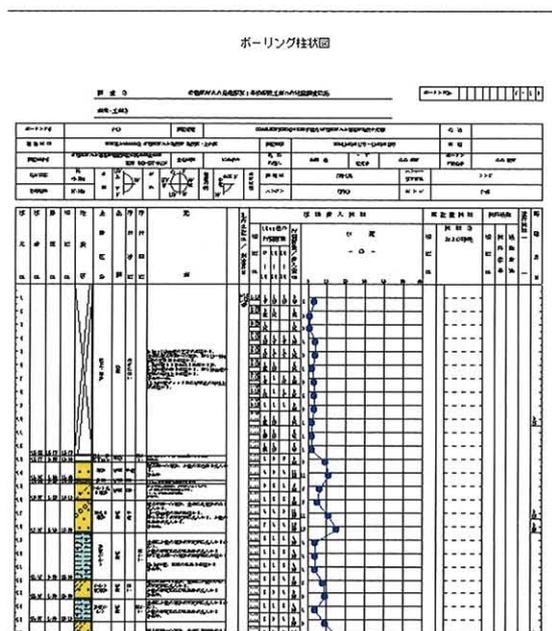


図3-1 土質柱状図（JACIC版）

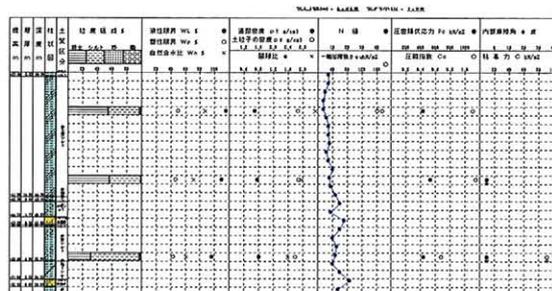


図3-2 土性図（地盤工学会版）

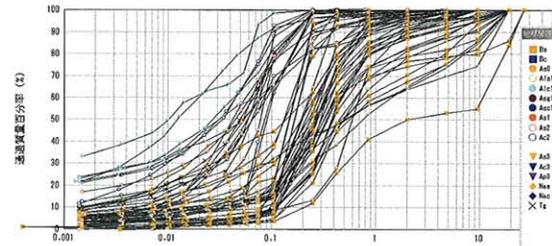


図3-3 粒径過積曲線集積図

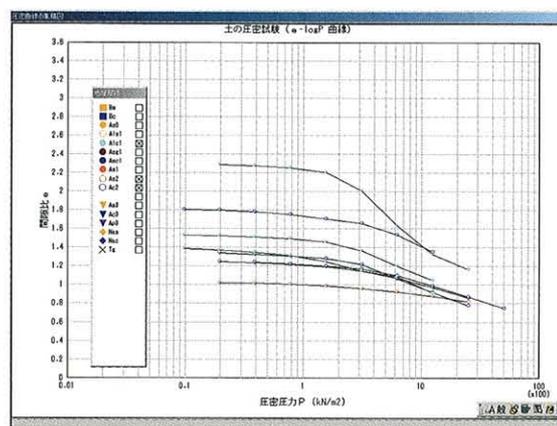


図3-4 e ~ logP 曲線

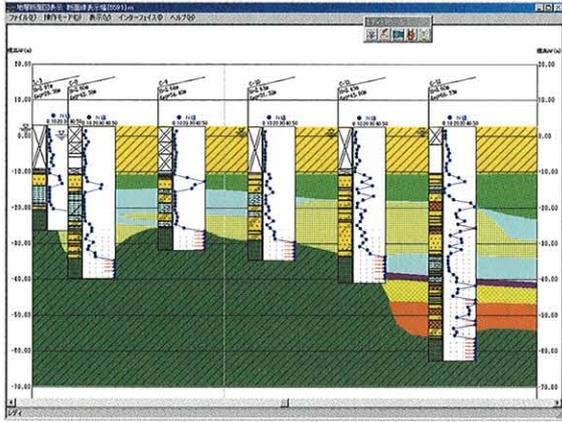


図 3-5 地質想定断面図

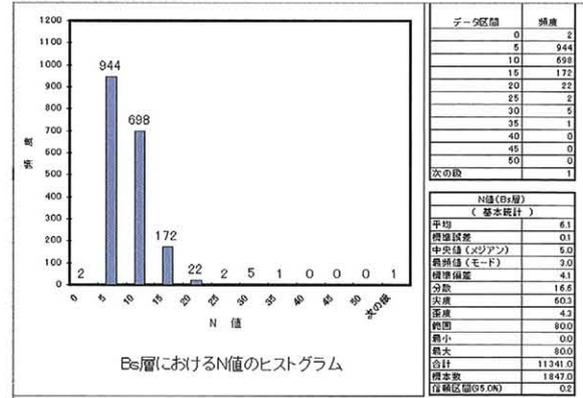


図 3-8 ヒストグラムと標準統計の実施例

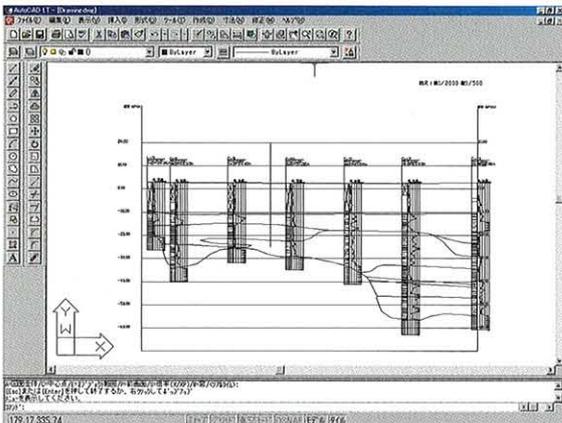


図 3-6 断面図を DXF 形式に変換

画面上で作成した断面図（図 3-5 参照）は、ファイル形式を DXF（図 3-6 参照）に変換が可能であるため、E-mail によるファイル転送や AutoCAD によるデータ修正などが可能になります。また、システム上の表示されたデータは、CSV 形式のファイルに保存できるため、Microsoft Excel へのデータやり取りが可能となるため、図 3-7 に示す Excel 機能のデータ分析ツール（基本統計／フーリエ解析／ヒストグラム／回帰分析など）の使用が容易に行うことができます。なお、図 3-8 は、N 値のヒストグラムと基本統計量の実行例を示します。



図 3-7 Excel 機能の分析ツール

3-2 3D表示と地盤の可視化

表層地形の三次元表示（3D）は、微地形判読などで有効であり、計画段階のルート選定などに効力が発揮できるものと思われます（図 3-9 参照）。

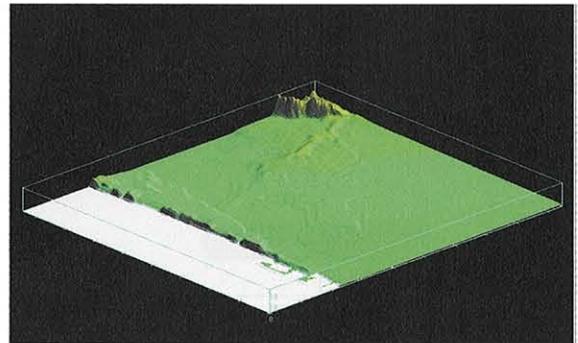


図 3-9 周辺地形の 3D 表示例

地盤の可視化は、地層の連続性や分布状況を確認するなどの用途で利用され、ボクセルタイプの

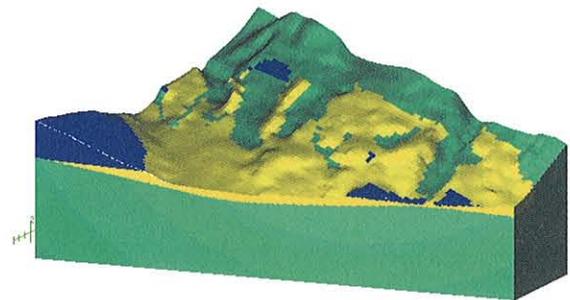


図 3-10 地盤の可視化

三次元タイプ（図3-10参照）と図3-11に示すパネルダイアグラムの表示などが選定できます。

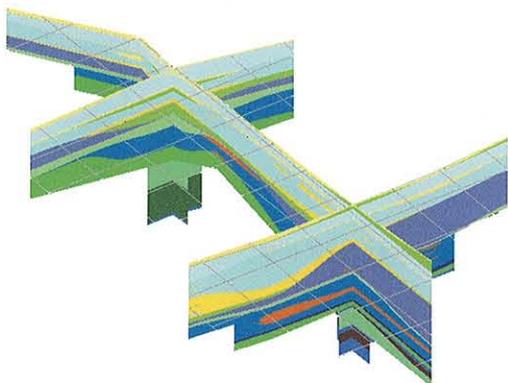


図3-11 パネルダイアグラムの表示例

4. システムの活用

このシステムは、GISを活用した既存報告書や設計図書の整理を目的に開発した製品ですが、システムの心臓部にデータベース機能として画一された統合地盤管理システム（G-Cubeシステム）が利用されているため

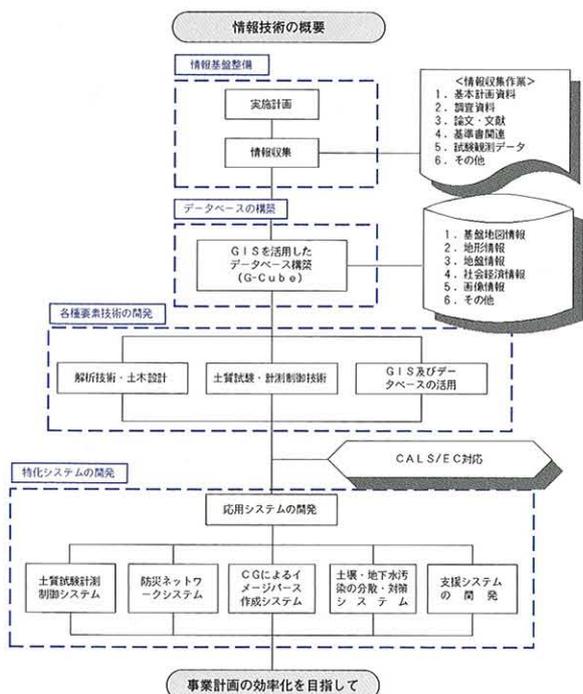


図4-1 特化システム構築までの流れ

既存報告書・設計図書の整理システムと平行して顧客の要望する特化システムを構築することが可能です。特化システムの構築は、該当地区の情報基盤を整備し、データベースを構築して事業計画の効率化を目指して作成されますが、特化システム構築までの流れを図4-1に示します。

4-1 既存特化システムと今後の展望

現段階において開発された特化システムは、

- 地盤の可視化
- 三次元地質モデルの作成
- 液状化ハザードマップの作成
- 地下水環境管理
- 河川情報管理
- 地層・N値の推定
- 盛土施工管理
- 土壌汚染管理

などが有りますが、既存特化システムをベースに今後の開発展望をまとめてみました。

(1) ダム堆砂量の管理システム（案）

図4-2は、河川情報管理で作成された河川横断測量成果の視覚化向上を目的に開発されたシステムです。このシステムをカスタマイズすることで、ダムに堆積する砂の分布と堆積量を管理するシステムが完成します。

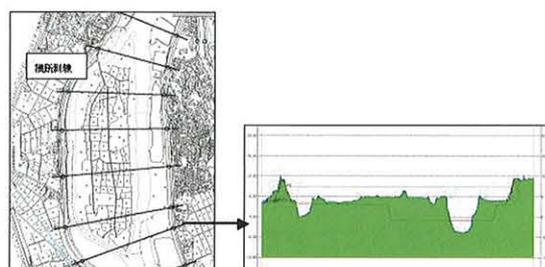


図4-2 横断測量成果の視覚化向上の検討（河川横断面図+改修計画断面）

(2) 自然環境の管理システム (案)

図4-3は、特定種の検索と確認場所の生物情報を閲覧できるように開発されたシステムです。このシステムを応用することで、事業に伴う植生の変化を時系列に整理するシステムの構築が可能になります。

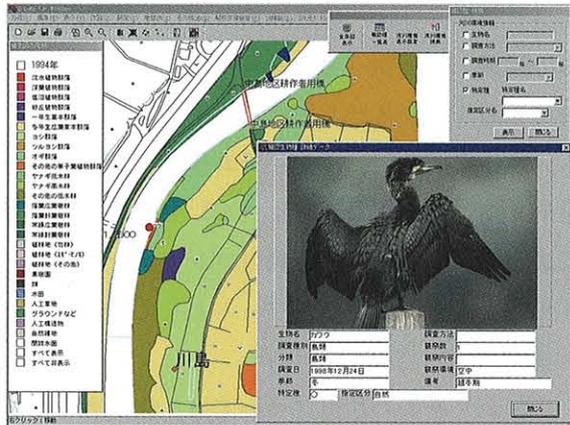


図4-3 特定種の検索/確認場所と生物情報の閲覧

(3) 地下水及び水質変化の管理システム (案)

図4-4は、水質(BOD)の観測結果を各観測地点毎における経年変化を検索するシステムです。このシステムを応用することで、河川や地下水及び井戸などの水位変動や水質の変化などを管理するシステムが可能になります。

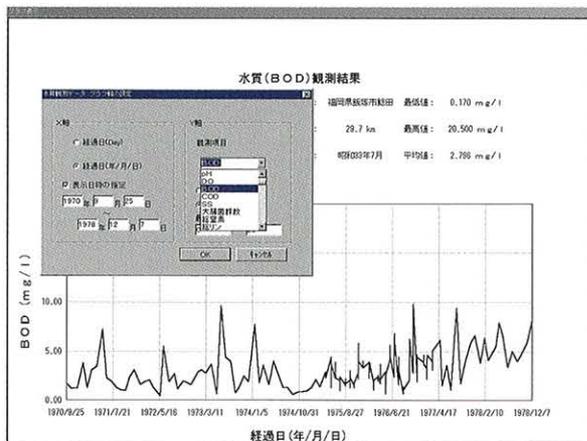


図4-4 水質観測点毎における水質経年変化

(4) GIS画面と航空写真の重ね合わせ

図4-5と図4-6は、航空写真をGIS画面に重ね合わせて、視覚化向上を図るために開発したツールです。視覚化を向上させる意図には、住民参加型業務でのプレゼン効果や位置情報の明確化などが上げられます。

航空写真の他には、衛星画像からポンチ絵までを重ね合わせることが可能です。



図4-5 航空写真をGIS画面への重ね合わせ

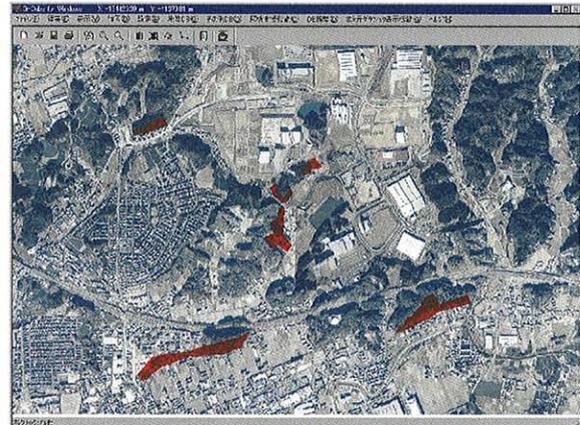


図4-6 基盤地図への航空写真の重ね合わせ

4-2 システムの構築状況

このシステムは、既存報告書や設計図書を電子化（PDF化）し、地盤調査における地盤情報（柱状図／室内土質試験／原位置試験／サウンディング結果等）をデジタル化することで、

- データの一元管理
- 類似報告書の検索
- 被災時の応急対策
- 構造物（主要含む）等の補修及び維持管理
- 新規事業計画の創出

などに活用を図ることができます。

特化システムの開発は、『コンピュータグラフィックス（CG）及び3Dによる構造物の完成予想システムの構築』（図5-1参照）

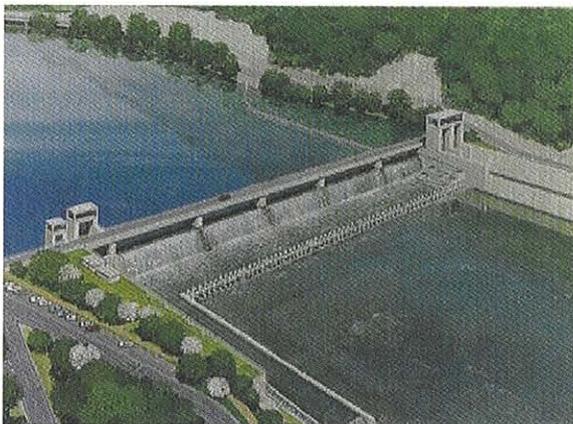


図5-1 CGによる構造物の完成予想システム

や『ダム管理用のデータベースシステム（ダム委員会対応バージョン）』と『用水路／排水路などの水路構造物の維持管理及び補修点検支援システム』及び『泥炭地域における置土（または、埋立／盛土／区画整理など）管理システム（置土の採取履歴／基礎地盤の変形予測／必要土量／地下水上昇分析）』などがあり、システムの向上に努めます。

5. おわりに

近年、建設業に対して本格的な CALS / EC がスタートするため、電子化に対する基本概念を整

理する必要があるように思われます。

電子化への利点は、今まで述べてきたとおり多々ありますが、欠点も少なくはありません。特に、アプリケーションソフトの統一／版（バージョン）管理／データの更新（維持管理）／電子化のための費用増嵩などが懸念されます。

この報文は、データを電子化した後の活用（開発ツールのメニュー提示）について、**支援システムの開発**（構造物（主要含む）等の補修点検及び維持管理支援システム／新規事業計画支援システム／更新事業計画支援システムなど）、**アカンタビリティ**（情報公開などのツール）や**住民との合意形成を得るための説明資料**（プレゼンテーション効果）の向上などをキーワードとしてまとめております。

このシステムの活用については、発注者及び受託者が有効利用できるように、事前に充分なる協議を行い、システムの完成度の向上を図る必要があります。

今後システムの開発は、多種多様な方法が模索されますが、利用目的から逸脱されることの無いように充分留意することが大切と思われます。

なお、本報告が今後の電子化への利用において、いくらかでも参考になれば幸いです。

分水施設の水利模型実験について

株式会社 ドーコン 農業土木部 錦 織 恒 明
清 都 誠 志
鈴 木 仁

はじめに

本報文は、排水路に設置する分水施設の水利模型実験の結果を紹介するものである。

分水施設を設ける排水路の下流部約2 km区間には、原始林や植物群など貴重な自然環境が保持され、また近傍ではサケ・マスふ化場が同河川から取水を行っている。

このため、整備にあたっては、自然環境との調和に配慮した計画が必要である。

事業計画では、本川の現況河川形態を残すため、同区間の上流部に分水施設を設け、計画洪水量41 m³/s（分水地点）の内、現況河川的能力不足分20 m³/sを新設排水路に導水するバイパス方式としている。

バイパス水路への分水にあたっては、維持管理が容易で経済的な自然分流方式を採用し、下流水位の影響を考慮して、その水利断面を不等流水面

追跡による水位設定から求め、敷幅は現況河川で9.5 m、バイパス水路で10 mとしている。ただし、バイパスの敷高は平水流量0.75 m³/s以下の流量が現況河川側に流下するよう0.15 m高くしている。

また、分水施設上流区間の断面変化部において、射流による影響を解消するために、長さ20 m深さ0.5 mのウォータープール（W.P）を設ける計画とした。

確実に分流を行うためには、急拡と上下流の水位差による水面の伝播の影響を解消し、上下流の水面の連続性を遮断することが求められる。しかし、基本設計案におけるウォータープールの水利検討および構造形状は、机上計算である。

このため、本模型実験は、W.Pのウォータークッション効果により分流地点で確実に流況が安定し、分流できることを検証することを目的として行うものである。

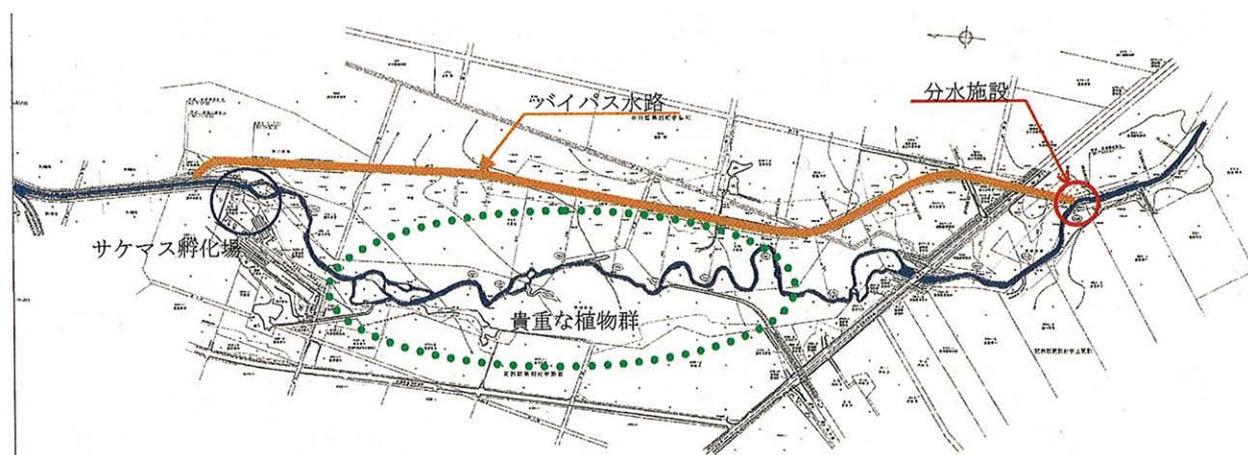


図-1 分水施設地点の概況

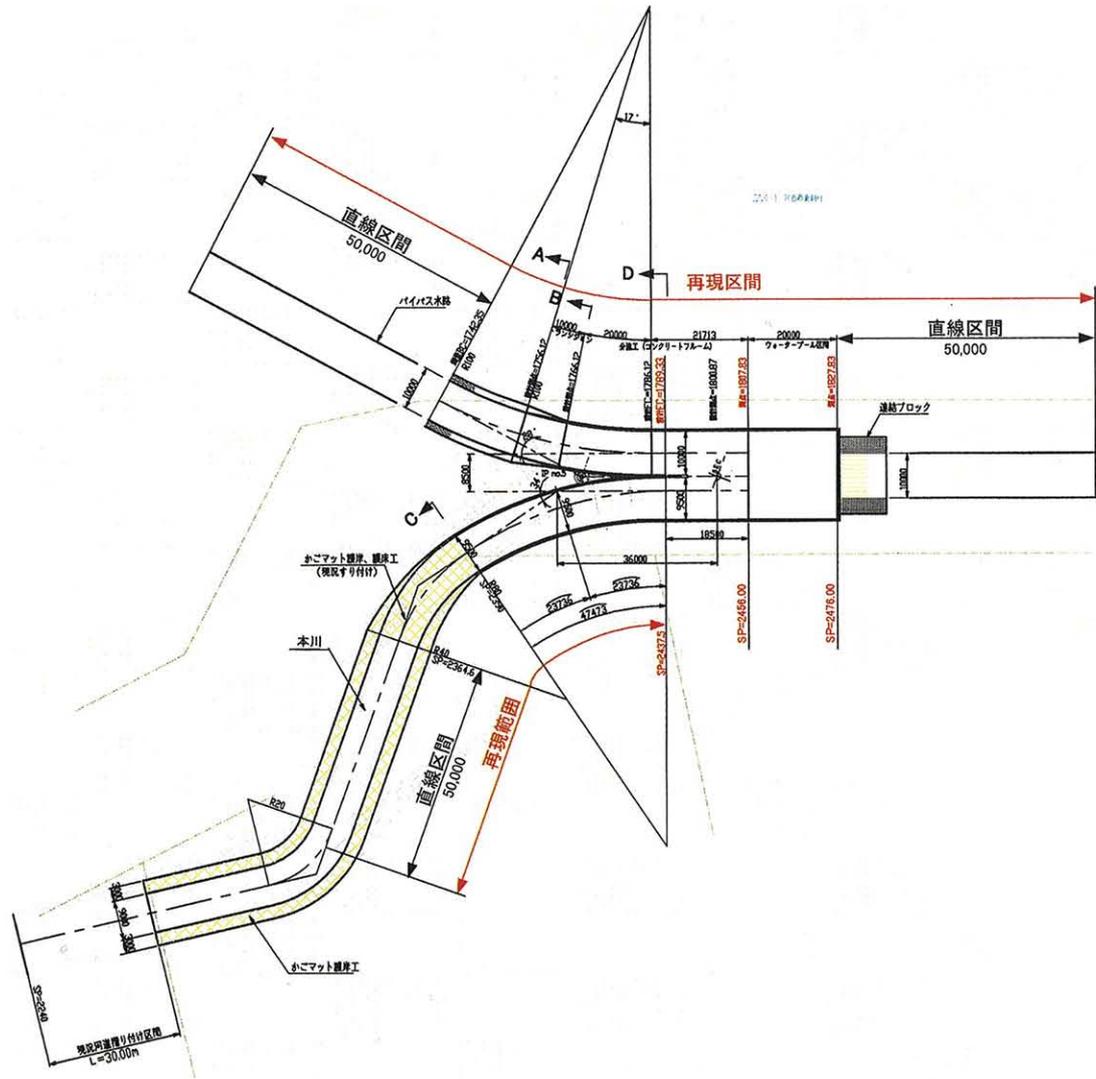


図-2 計画平面図

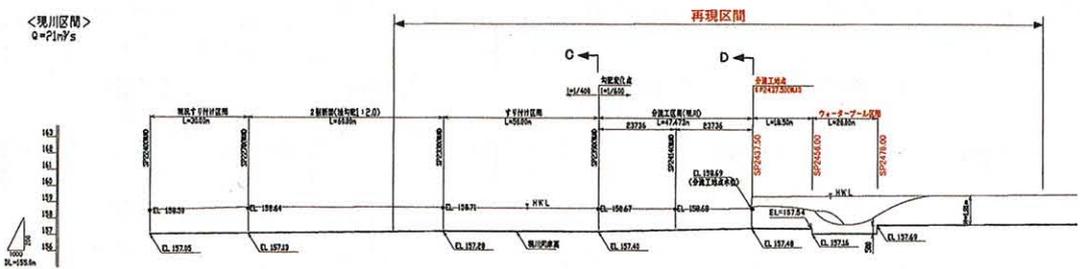
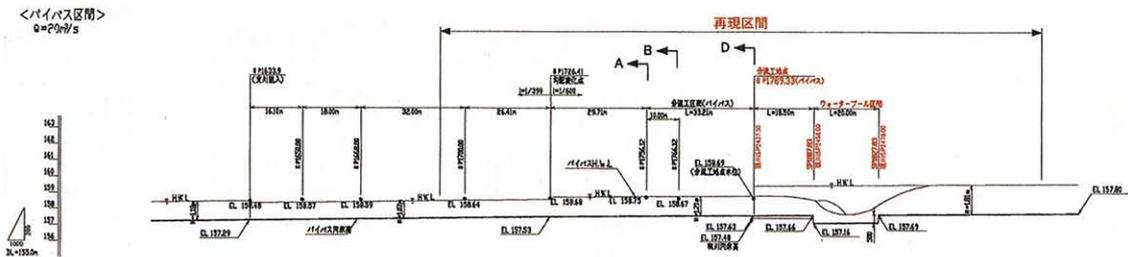
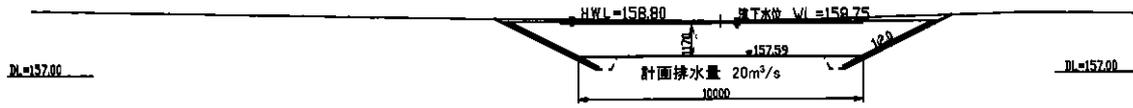


図-3 縦断図

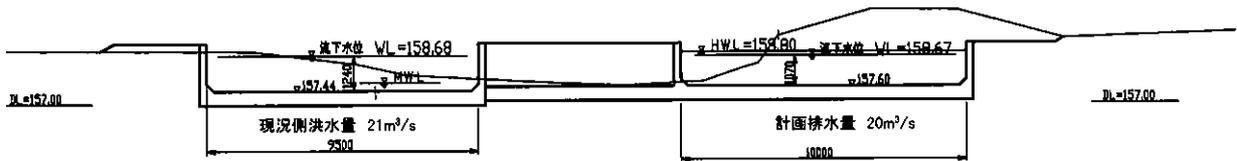
A-A断面図 No 17 +56.12

GH=158.81
FH=157.53



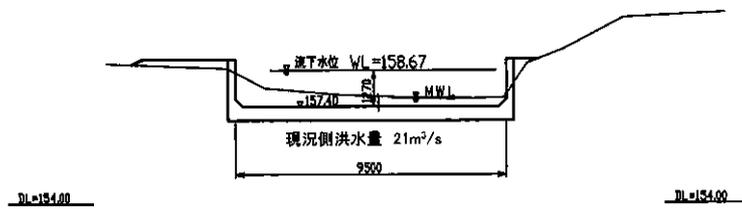
B-B断面図 No 17 +66.12

GH=159.36
FH=157.59



C-C断面図 (現況) SP2390

GH=157.77



D-D断面図 No 17 +89.33

GH=157.84 CA= 8.7
FH=157.63 BA= 3.4
MCA=13.9
HBA= 8.4

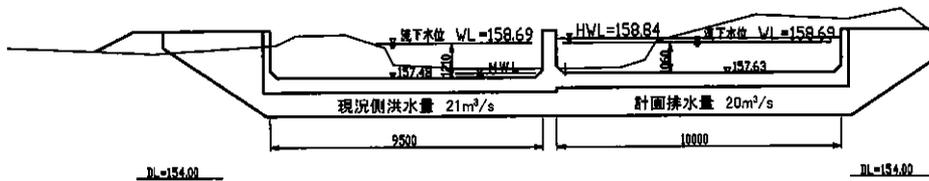


図-4 断面図

1. 水理模型実験

(1) 再現範囲

湾曲部などの偏流の影響を受けないように再現範囲は、ウォータープール、バイパス・現況河川湾曲部からの各直線区間上下流 50 m までとした。

(2) 相似率と模型縮尺

本実験のように自由水面を有する流れ場は、流水中の因子が慣性力と重力に支配されるため、模型と実物の関係はフルードの相似則が適用できる。

河川の模型実験でフルードの相似則を適用しても模型で相対粗度を再現できず、摩擦損失係数が異なる場合があるが、分水施設（コンクリート製）の摩擦損失係数 f は *M o o d y* のダイヤグラムより実物 ($n = 0.015$) で約 0.020、模型の再現材料に木製ペンキ仕上げ ($n = 0.012$) を採用した場合に縮尺 $1/10 \sim 1/15$ で約 0.023 ~ 0.026 となり、実物と模型に大きな差はない。

また、分水施設上下流の現川、連結ブロック布設水路における摩擦損失係数 $f (= 2gn^2/R^{1/3})$ は 0.067 ~ 0.078 と大きく、模型縮尺が $1/15$ 以上の場合にレイノルズ数が 105 以上となり、完全な乱流域で相対粗度による摩擦損失係数はほぼ一

表-1 模型と実物の比

項目	縮尺比(模型/実物)
長さ	$L_m/L_p=1/n = 1/13$
流速	$v_m/v_p=1/n^{1/2}=1/3.606$
流量	$Q_m/Q_p=1/n^{5/2}=1/609.3$
時間	$T_m/T_p=1/n^{1/2}=1/3.606$
圧力	$P_m/P_p=1/n = 1/13$
粗度係数	$n_m/n_p=1/n^{1/6}=1/1.533$

添字の m は模型、p は実物を示す。

定となるため、イボ粗度により模型上で摩擦損失係数を再現することが可能となる。したがって、模型縮尺は実験スペース等も考慮し $1/13$ とした。この場合の模型と実物の関係は表-1 に示すとおりである。

(3) 実験装置

実験装置の主なものは、地下水槽、ポンプ、高架水槽、配管材、給水槽、模型、水位調節水槽、流量測定セキ、排水路とした。また、模型は現況河川・バイパス水路をイボにより粗度を調整し、分水工は木製ペンキ仕上げとした。



写真-1 模型全景（上流から）



写真-2 模型全景（下流から）

(4) 粗度付け

本実験において上流・現況河川およびバイパス水路の粗度を再現するには、表-2 に示すよう模型の粗度係数 n を 0.02 程度とする必要があるが、直接使用できる模型材料がないため、(1) 式を用

い足立のイボ粗度により再現することとした。なお、粗度付け材料は塩化ビニール板を裁断して使用し、形状は施工性を考慮して $20 \times 20 \times 20$ mm を基本とした。

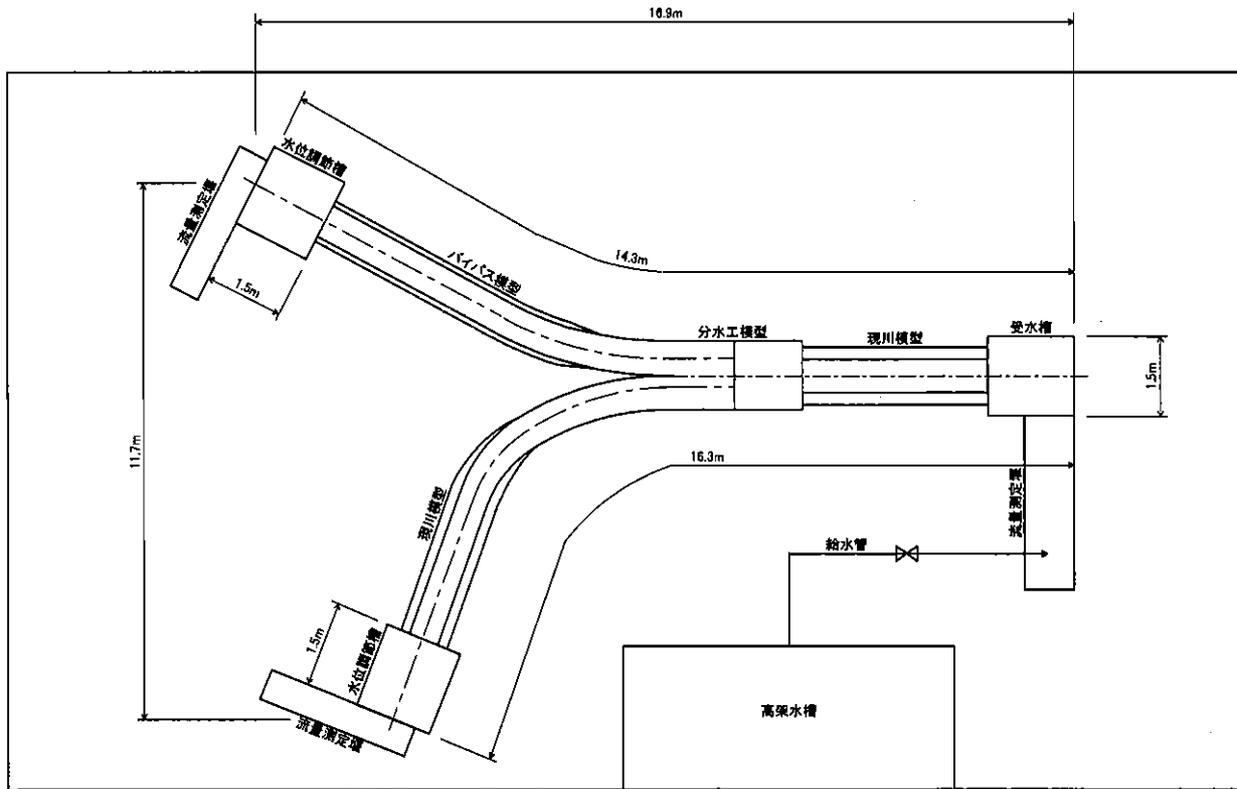


図-5 模型概要図

表-2 実物と模型の関係

河川名	代表断面SP (m)	実物*				模型			
		水深H (m)	径深R (m)	平均流速U (m/s)	粗度係数n ($m^{-1/3}s$)	水深H (m)	径深R (m)	平均流速U (m/s)	粗度係数n ($m^{-1/3}s$)
上流河川 (ハイス水路)	1837.10	1.14	0.93	2.91	0.030	0.088	0.072	0.81	0.020
現況河川 (現況河川沿)	2330.00	1.43	1.10	1.24	0.032	0.110	0.085	0.34	0.021
ハイス水路	1726.41 (ハイス沿)	1.14	0.93	1.42	0.030	0.088	0.072	0.39	0.020

$$\frac{U}{U_*} = 10.61 \log_{10} \frac{H}{K} + 5.41 \log_{10} \frac{S}{F} - 5.47 = \frac{R^{\frac{1}{3}}}{n\sqrt{g}} \dots (1)$$

ここに、U：平均流速

U_* ：摩擦速度

H：水深

K：イボ型粗度の高さ

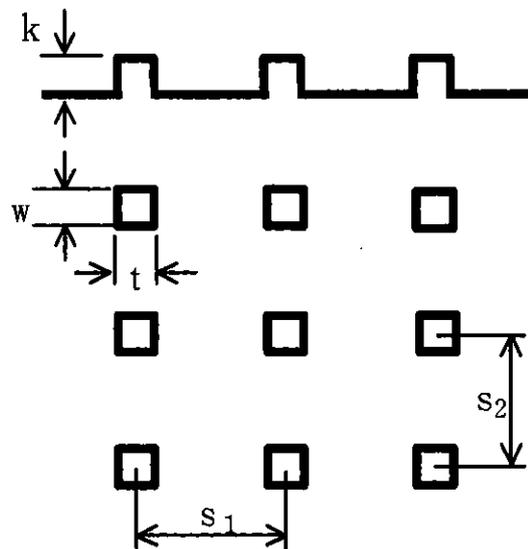
S：一つのイボ型粗度が受け持つ面積
($s_1 \times s_2$)

F：一つのイボ型粗度の流れに対する投
影面積 ($t \times k$)

n：粗度係数

g：重力加速度

R：径深



(5) 測定方法

測定方法は以下のとおりである。

a. 流量：全幅セキにより測定

J I S B 8302⁻¹⁹⁹⁰ に準拠

仕 様：セキ幅 = 600 mm

流量範囲 = 0.006 ~ 0.067 m³/s

b. 水深、水位：スケール、ポイントゲージにより測定。

c. 流況：目視観察、写真およびVTRにて記録。

d. 流速：プロペラ式流速計により測定。各測点の値は30秒間、3回測定の平均値。流量測定堰（全幅：B = 600 mm）

(6) 実験方法

実験の方法は以下の条件を満たすように実験装置をセットして行った。

・実験対象流量：41 m³/s（実験装置流量 0.067 m³/s）

・下流水深

バイパス側（S P 1726.41 m）：1.14 m

現況河川側（S P 2330.00 m）：1.43 m

2. 実験結果

ウォータープールから分土工までの形状を変えて流速の測定および流況観察を行った。実験ケースを表-3、流速値を表-4、流速分布を図-6に示す。結果を要約すると下記のとおりである。



写真-2 流量測定堰

(1) ケース A-05 (基本設計案, プール深 0.5 m)

上流区間末端（ウォータープール始点）で限界流速となる水流は、ウォータープールが浅く水深が小さいために、段落によって衝撃波が発生し分流始点まで流下方向に波打った水面形となっている。また、ウォータープール内は両サイドに平面的な強い渦流が発生している。

流速は限界流速を越え、また、横断方向における流速の最大値を平均値で除した比（一般的に流速比という。）は一般的な矩形水路の約 1.2 倍（＝最大流速/平均流速）を全測定断面で越えている。したがって、分流始点までに完全に減勢、整流できていないため、上流区間との屈折角が少ないバイパス側に設計を超過した流量が流下すると判断できる。

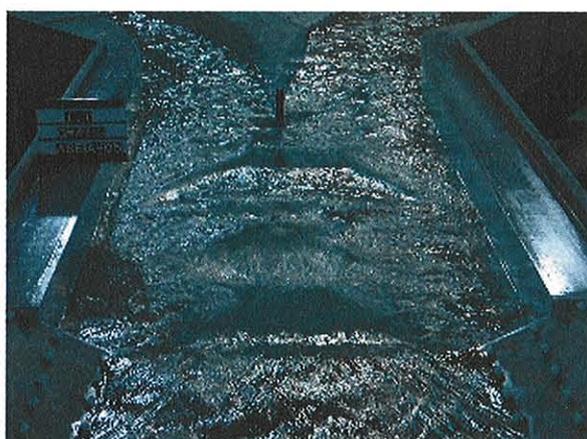


写真-4.1 ケースA-05 W.P内の流況（上流から）



写真-4.2 ケースA-05 W.P内の流況（左岸から）

(2) ケースA-10(プール深1.0 m)

基本設計案よりウォータープールの水深が0.5 m大きくなって段落ちによる衝撃波は小さくなるが、ウォータープール内の両サイドの平面的な渦流は強いままである。



写真-5.1 ケースA-10 W.P内の流況(上流から)

流速が限界流速を越え、また、横断方向の流速比が1.2倍を越える断面はウォータープール終点のみとなったため、バイパス側への超過流量は減少するが、跳水は不完全なままで大きな改善は見られない。

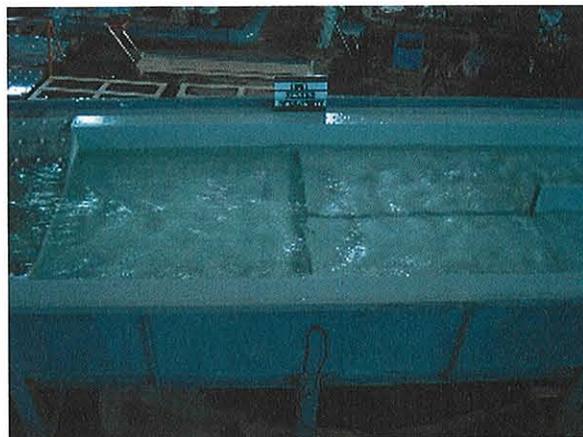


写真-5.2 ケースA-10 W.P内の流況(左岸から)

(3) ケースA-15(プール深1.5 m)

基本設計案よりウォータープールの水深が1.0 m大きくなって段落ちによる衝撃波はなくなり、ウォータープール内は両サイドに平面的な渦流が残るものの、ほぼ跳水している。



写真-6.1 ケースA-15 W.P内の流況(上流から)

段上がり部による鉛直的な縮流でウォータープールを流出後に小さな衝撃波が生じているが、流速は限界流速を、また、横断方向の流速比は1.2倍を越えている断面はないため、十分に分流が行っているものと判断できる。

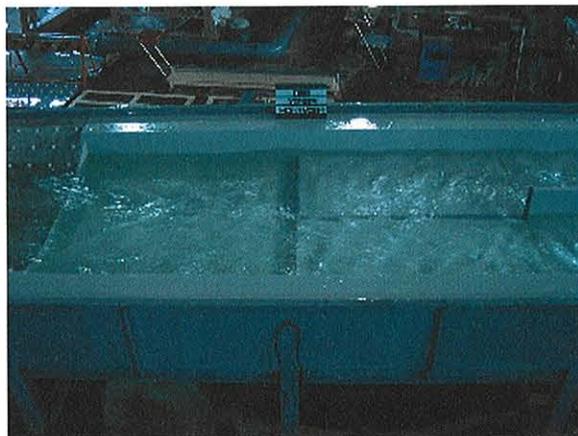


写真-6.2 ケースA-15 W.P内の流況(左岸から)

以上の結果から各ケースの中で十分に減勢、分流が可能なケースはケースA-15と考えられる。

表-3 実験ケース

ケース名	分水始点(B) ~ SP1798.58 (2446.75)				SP1798.58 (2456) ~ W.P終点(E)			
	SP (m)	長さ:L ₁ (m)	粗度		SP (m)	長さ:L ₁ (m)	粗度	
			敷:n ₁ (m ^{-1/3} s)	側壁:n ₂ (m ^{-1/3} s)			敷:n ₁ (m ^{-1/3} s)	側壁:n ₂ (m ^{-1/3} s)
A-05	1789.33 (2437.5) ? 1798.58	9.25	0.015	0.015	1798.58 ? 1807.83 (2456.0)	9.25	0.015	0.015
A-10								
A-15								
ケース名	ウォータープール(W.P)							
	SP (m)	敷長:L ₂ (m)	段上 角度:θ (°)	深さ:W (m)	粗度			
					敷:n ₃ (m ^{-1/3} s)	側壁:n ₄ (m ^{-1/3} s)		
A-05	1807.83 (2456.0) ? 1827.83 (2476.0)	20.00	90	0.50	0.015	0.015		
A-10				1.00				
A-15				1.50				

表-4 流速(6割水深)測定結果表

(単位:m/s)

ケース名	1789.33m (2437.50m) 分水始点		1798.58m (2446.75m) 中間点		1807.83m (2456.00m) W.P終点		
	現川側	ハ [°] イハ [°] ス側	現川側	ハ [°] イハ [°] ス側	現川側	ハ [°] イハ [°] ス側	
	A-05	平均	2.13	2.49	2.58	2.48	2.05
	最大	2.85	3.25	3.16	3.34	2.85	3.81
	最大/平均	1.34	1.31	1.22	1.35	1.39	1.42
A-10	平均	2.03	2.36	2.02	2.20	2.08	2.69
	最大	2.26	2.54	2.28	2.43	2.68	3.73
	最大/平均	1.11	1.08	1.13	1.10	1.29	1.39
A-15	平均	2.03	2.34	1.99	2.11	2.02	2.30
	最大	2.06	2.53	2.18	2.23	2.27	2.53
	最大/平均	1.02	1.08	1.09	1.06	1.12	1.10
限界流速		2.79	2.74	2.72		2.72	

最大/平均=1.2以上:

限界流速以上:

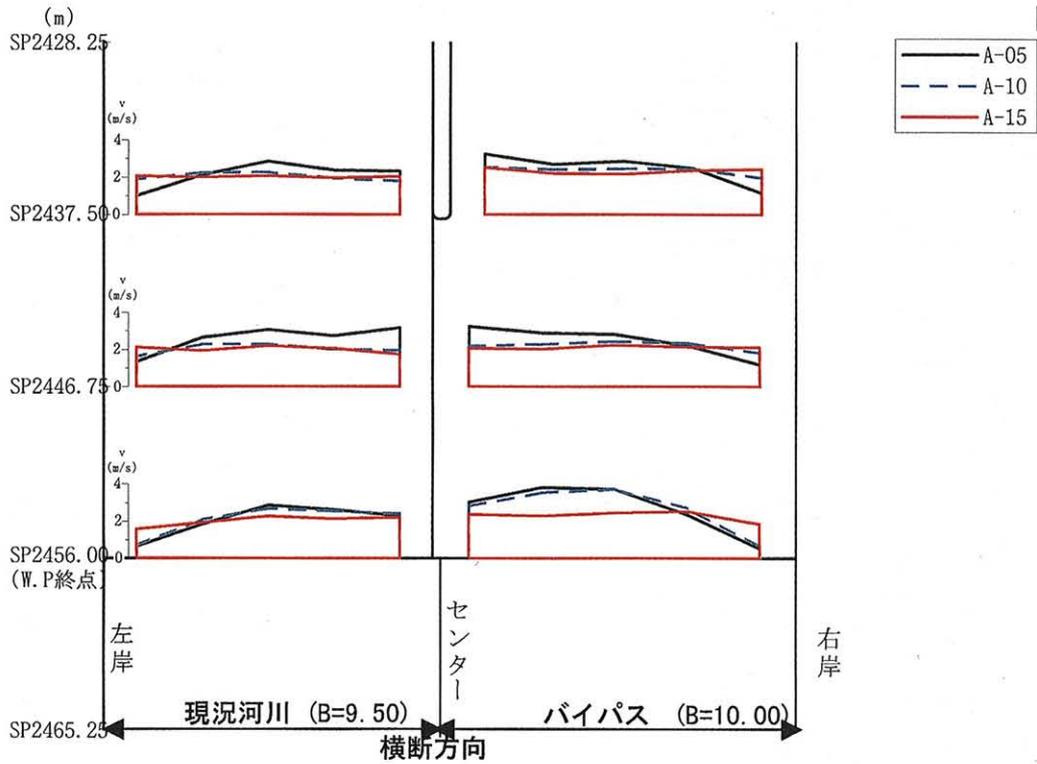


図-6 流速分布の比較

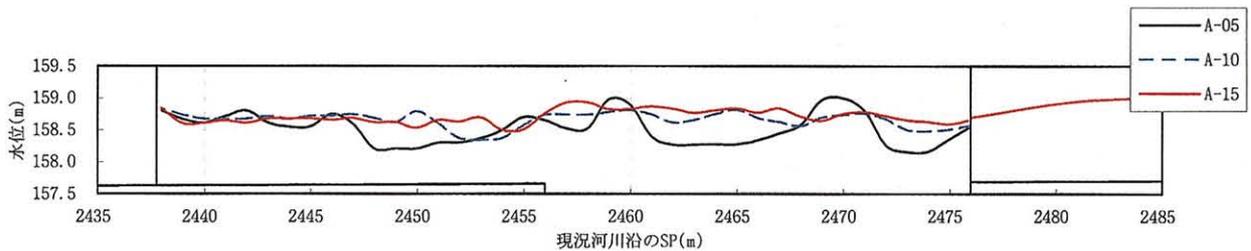


図-7 水路中心線沿の水面形

おわりに

実験の結果、基本設計案 (A-05) の流況は、下記のようになっており、分流始点までに完全に減勢、整流できず、上流区間との屈折角が少ないバイパス側に設計を超過した流量が流下する結果となっている。

- ・上流区間末端 (ウォータープール始点) で限界流速となる水流は、ウォータープールが浅く水深が小さいために、段落によって衝撃波が発生し分流始点まで流下方向に波打った水面形となっている。

- ・ウォータープール内は両サイドに平面的な強い渦流が発生している。
- ・流速は限界流速を、また、横断方向における流速の最大値を平均値で除した比 (流速比) は、矩形水路の一般的な等流時の流速比、約 1.2 を全測定断面で越えている。

完全な跳水が形成されたとした基本設計案の跳水長は 10.2 m ($= 6 \times 2 = 6 (1.2 \text{ m} + 0.5 \text{ m})$) 未満となるが、実験結果から、基本設計案の長さ 20 m の W.P では跳水は不完全であることが分かる。

これは、当初、落下による水脈の拡散を期待し、跳水前の水深を約 0.6 m と小さく見積もっていたのに対し、W.P を流下する水流が下流からの堰上に強い影響を受けたため、落下による水脈の拡散がなく、跳水前の水深が W.P 直前の水深 = 1 m に近くなったことによると考えられる。

これらを改善するには、以下の方法がある。

- ① バッフルブロック等の設置により水以外の抗力を増大させ、共役水深を小さくする。
- ② W.P 長を大きくすることにより摩擦損失などで跳水前の水流の F_r 数を減少させ、共役水深を小さくする。
- ③ W.P 深さを大きくすることにより、共役水深そのものを増大させる。

①案を採用する場合、バッフルブロック高は水深に W.P 深さを加えた高さ以上が必要と考えられるため、セキ上げによる上流の通水能力が懸念される。また、②案を採用した場合、局所流の影響が無くなるまでの距離が必要と考えられるため、基本設計案の何倍かの長さが必要となる。しかし、③は基本設計案の分流工規模を大きく変更せずに対応可能であり、他と比べコンパクトで経済的である。したがって、実験による検討は W.P 深さを大きくすることを基本に進めることとし、W.P の深さ 1.5 m により常流に戻すことができ、確実に分流できるとの結論を得た。

エゾシカを活用した養鹿産業と中山間振興

北王コンサルタント株式会社 取締役技師長 船越 元

はじめに

最近のマスコミ報道はわが国の経済問題で溢れ返っております。国家財政破綻、不良債権処理、年金破綻、高失業率等々、どれをとっても明るい話題はありません。今の経済状況はまさに戦後最悪の状態にあると言って過言ではありません。どうしてこの様な悲惨な状況に至ったのか？何故もっと早くから対策を講じてこなかったのか？今から考えると反省すべき点は多々あると思います。そうした中、本道経済は毎年約1兆円にも上る移入超過の経済収支を中央からの公共事業予算等で穴埋めしてきました。しかし、国の財政が厳しい折これまでのような中央からの手厚い財政支援を期待できなくなった今日、私たち道民には自立のための新しい発想が求められているのではないのでしょうか。

以下では、北海道の中山間農業地帯が自立し活性化するための一方策として、エゾシカを活用した養鹿産業の可能性について考えてみます。

1. 養鹿産業を構想した動機

私は地域が自立し活性化するためには、地域にある資源や人材をうまく活用し、他の地域にはない「何か」を創り出すことが重要と考えております。他と同じことをやっているとダメで、地域の特異性を発揮してはじめて他との差別化ができると思うのです。私がこの話をしますと「地域資源と言っても何もない」という反論や、「地域資源として何かあると思いますか？」と言った質問が返ってくる場合があります。私はこれらの言葉から、私たち道民には地域の資源が見えていないの

か、見えていても資源と認識していないのか、または、それを活かそうという発想がなかったのではないかという印象を抱きます。

私は北海道特有の地域資源として、北海道だけに生息するエゾシカに着目してみました。エゾシカは数年前から道東方面で異常繁殖して農業や森林に多大な被害を与えていることから、北海道では「エゾシカ保護管理計画」を立て、有害獣として毎年数万頭程度駆除しております。農業や森林保護という視点から見ますと、確かにエゾシカは有害な野生動物であると言えますが、見方を変えると北海道の厳しい積雪寒冷条件の中で生き延びられる優れた生命力を持った野生動物であり、立派な地域資源になると思えるのです。柔らかな牧草などしか食べられない牛などと違って、エゾシカは山に生えている雑草や樹皮など何でも食べられる動物です。この様に優れた繁殖能力を持ったエゾシカも、現状ではただ増え過ぎたという理由で駆除され、死体は山の中に捨てられ、ほとんど利用されておられません。しかし、西欧では鹿肉は牛肉以上の高級肉として高い評価を受け、国際貿易も行われております。また、アジア諸国では昔から鹿の角は滋養強壯の漢方薬として広く利用されてきました。すなわち、鹿は立派な価値を持った動物なのです。どうして、北海道ではこの立派な動物を利用することを考えず、ただ殺して捨ててしまうのか？ 私はここに大きな疑問を持ち、10年程前からこのエゾシカを家畜として利用することの意義と可能性について考え、様々な分野の方々と話し合ってきました。そこで分かったのは、誰もエゾシカを家畜として利用するという発

想を持っていなかったことでした。

私が以前、大手流通業の料理専門家にわが国における鹿肉需要の可能性を調査してもらったところ、食肉としての安全性が保証され年間安定した供給と安定品質が確保されるならば、鹿肉は優れた食材になる可能性があり、国内で新たな需要を醸成できるとの回答を頂きました。そこで、私は鹿肉貿易の80%を担っている養鹿先進国ニュージーランド（NZ）に行き、そこでの養鹿業の実態について調査を行ってきました。その結果、NZではヨーロッパにBSE（狂牛病）が発生して以来、世界的な牛肉需要の落ち込みとそれに代わる食材として鹿肉需要が急増したことを受けて、今ではNZ国内で生産される鹿肉が牛肉の3倍以上の高値で販売されるようになっていたことが分かりました。そのため、牛や羊を飼っていた多くの畜産農家が相次いで養鹿経営に転換し、この5年間で鹿頭数は3倍以上に膨らみ、最新データではNZ全体で250万頭以上（道内に生息する野生エゾシカは推定20万頭余）飼養されるまでになっております。それでも、今なお国際的なシカ肉需要に追いつけない状況が続いており、生産鹿肉の99%以上が貿易に回されております。今や、NZにとって鹿肉は羊とともに重要な貿易商品となりつつあるのです。

この様に見てきますと、北海道でも発想を切り替えるだけで資源と考えていなかったエゾシカが立派な資源になり得るのだということが分かると思います。エゾシカは、牧草はもちろん樹皮や笹などの硬質植物を食べられる強固な歯と消化器官を持ち、身を隠す疎林と餌場となる草地が隣接する山間地を好んで生息する動物と言われます。この様な環境は、まさに私達が地域活性化で頭を悩ませている中山間地そのものと言えます。このような条件が備わった地域であれば、夏季はエゾシカを山に放しておけば給餌の必要もなく、他の家畜に比べてはるかに餌代・手間の掛からない少人数飼養が可能な動物であるだけに、中山間地帯に

うってつけの家畜になると言えるのではないのでしょうか。そして、養鹿を普及させることによって野生鹿の密度を適正に抑えることが出来れば、森林被害なども解消し地域環境の保全にも好影響を与えることが出来ると思うのです。

2. 養鹿に関する課題

エゾシカによる養鹿産業を創出するためには、解決しなければならない課題や今後検討しておかなければならない問題がいくつかあります。

課題の第一は、食肉としての安全性確保です。野生獣であるエゾシカを駆除解体して食する場合、その安全性の確認はあくまで食する人の自己責任ですが、一般市場で販売する食肉の場合は食品としての公的衛生検査が必須条件となります。現在、その公的検査は「と畜場法」に基づいて設置された「と畜場」で実施されます。しかし、この「と畜場」に持ち込むことができるのは、「牛、豚、馬、めん羊、山羊」の5種獣畜だけに限定されており、野生獣であるエゾシカは「と畜場」へ持ち込むことができません。そのため、公的には食肉としての安全性が保証されないこととなりますので、養鹿産業の創出にとってエゾシカの家畜認定は極めて重要な課題となります。

第二の課題は、生きた野生シカの大量確保が困難であることです。養鹿経営を早期に軌道に載せるためには野生シカを大量に生体捕獲し、これを基に飼養頭数を増加させることが必要ですが、この生体捕獲が困難な実態にあります。自治体が有害獣駆除目的で生体捕獲することは可能ですが、食肉生産を目的とした生体捕獲が認められていない現状では、猟銃による殺捕獲が基本になっており、仮に自治体が駆除目的で大量の野生シカを生体捕獲したとしても、養鹿牧場がこれら捕獲シカを購入することは出来ないと考えられます。狩猟法に基づく生体捕獲も可能ですが、この場合は狩猟期が11月から翌年1月末までに限られ、ハンター1人あたり1～3頭/日に制限されておしま

すので、養鹿目的での大量捕獲は技術的に極めて困難であろうと考えられます。

次に、検討しなければならない問題の第一は、これまで鹿肉を食する習慣のない日本人に鹿肉需要をどの様に創り出していくかということです。私共が行った大手流通業者（料理人）等への聞き取り調査などによりますと、食肉としての安全性確保、年間安定供給と安定品質が確保されるならば、優れた食材として国内で大きな需要を創り出すことは可能であるとの回答が得られましたが、これがどの程度可能なかは定かではなく重要な検討課題と思います。

そして最も重要な検討課題として、養鹿業が経営的に成り立つかどうかという問題があります。現実に養鹿業を立ち上げ適切な収益を上げるための牧場規模や飼養頭数、飼養方法など、様々な側面からの検討が必要となります。

この様に、養鹿産業を創出するためには克服しなければならない様々な課題・要検討事項がありますが、これらを克服できたとき過疎問題で悩む中山間地のような条件不利地で、これまでにない魅力ある新産業を創出できるのではないかと信じております。

以下では、養鹿産業先進国であるニュージーランドでの実態を通して、北海道における養鹿業の可能性を考えてみます。

3. NZ養鹿産業の概要

ニュージーランド（NZ）は1847年に英国から狩猟目的でアカシカを移入し、1900年代には米国から大型鹿の一種エルクを導入しましたが、NZに鹿の天敵がいなかったことから野生化した鹿が急増し、1920年代には全国で推定30万頭に達し林業被害が発生し始めました。1950－1970年頃には農業被害や林業被害が急増し、軍隊まで出動させて大掛かりな駆除を実施しております。この頃からNZ政府は鹿肉需要等に関する国際調査を実施し、欧米諸国を中心に根強い鹿肉需要があること

を確認して鹿肉貿易の促進を進めてきました。当初はドイツ等への狩猟鹿肉が輸出の中心でしたが、その後、狩猟鹿肉では対応しきれない程に需要が拡大してきたことを受けて、NZ政府は狩猟鹿肉の生産から養鹿産業の振興に切り替え、養鹿牧場投資に対する税制上の優遇措置を取るなど多様な養鹿振興政策を導入してきました。こうした振興策によって、1960年代半ばに10農場程度で始まった養鹿牧場も、現在では4,500農場、250万頭を飼育するまでに急増しております。近年は鹿肉のみならず袋角（若雄鹿の角）や皮革製品、その他副産物などの輸出も好調で、年率7%の増加を見せていますが、今なお供給が需要に追いつかないほどの活況を呈しております。特に、90年代後半に牛の口蹄疫や狂牛病が発生して以来、世界的な牛肉離れの影響を受けてシカ肉需要が急拡大しており、鹿肉が牛肉の3倍以上の高値で販売できることや袋角など副産物を加えた総収益性の高さから、牛・羊牧場から養鹿牧場への転換が急速に進みつつあります。今では、NZで生産される鹿肉の99.9%が海外輸出向けとなっており、国内市場には出回らない現状にあります。狩猟肉は現在も輸出されていますが、野生鹿特有の疾病に感染している可能性もあることから、輸出は限定的なものになっております。

NZにおける養鹿経営は、夫婦経営を主体にした小規模牧場が大半で、1農場平均500頭程度を飼養しながらファームインやレストラン経営のほか、皮革などの副産物製品の販売も行う多角的経営が一般的です。雄・雌の飼養割合は、雄1頭につき雌60～100頭が標準とされています。牧柵は2m高が基準とされているものの、家畜化された鹿は逃げ出す虞がないため、都市周辺を除いては1.5～1.7m程度の牧柵も設置されており、その構造も極めて簡素なものです。また、環境保全上の配慮から自家牧草給餌が基本とされているほか、寒さに強い特徴を活かして冬季間も放牧主体の無畜舎飼養を取り入れ、管理コストを最小限に抑制

しているのが特徴です。屠殺は生後1年程度の仔鹿を基本に、遅くとも3才未満で行うことによって柔らかい肉質供給に努め、国際市場から高い評価を得ることに成功しております。

衛生管理の面では、1986年に英国でBSE（狂牛病）が発生、10年後の1996年には北米でCWD（鹿の慢性消耗性疾患）が発見されたことから、1996年以降は肉骨粉使用の全面禁止とともに鹿の生体/肉の輸入禁止措置を取り、BSE、CWDは発生していません。また、羊の疾病（スクレーピー病等）は鹿に感染する恐れがあることから、鹿と羊の牧場を隔離するなど厳重な飼養管理が施されています。また、食の安全管理の観点からホルモン剤の使用も厳禁されております。

この様に、国際的鹿肉貿易を振興・発展させるためには農場～輸送～処理～輸出の全工程を通じた品質検査・保証制度が不可欠との政府方針に

沿って、厳重な品質管理システムが導入されています。

シカ肉は主にドイツ、アメリカ、中国等に輸出される一方、袋角は韓国、中国、アメリカ等に輸出されており、ともに輸出量は拡大途上にあります。日本向けには鹿肉輸出量の1%弱にあたる100～150t（輸入単価は約1,500円/kg）、袋角は150kg～3tが輸出（輸入単価は10,000～13,000円/kg）されています。

欧米では、養鹿された鹿肉はマイルドな香りと滑らかな舌触りを持った脂身の少ない赤肉で、コレステロールが少なくカロリーも小さい健康食肉と評価されています。袋角は昔からミネラル、脂質、蛋白質等が豊富で造血作用や免疫向上効果が高いことが分かっておりましたが、近年になって筋肉増強効果が大きいことが分かり、世界のアスリート達からの需要も増加しつつあるそうです。

表-1 ニュージーランドの国勢（各種統計要覧）

	面積(km ²)	人口(千人)	人口密度	牛(千頭)	羊(千頭)	鹿(千頭)
日本	366,845	126,686	345	4,658	16	?
うち北海道	83,452	5,695	98	1,292		
NZ	271,000	3,682	14	9,240	40,000	2,500
うち北島	115,000	(70%) 2,577	22			
うち南島	150,000	(30%) 1,105	7			

表-2 ニュージーランドと北海道の気候比較

都市名	緯度	気温(°C)			降水量(mm)
		年最高	年最低	年平均	
オークランド(北島)	S36° 52'	22.9	7.8	15.2	1,268
クライストチャーチ(南島)	S43° 32'	21.3	10.2	11.5	626
クイーンズタウン(南島)	S45° 02'	21.0	-1.2	9.6	849
札幌	N43° 03'	25.0	-7.7	8.5	1,128
稚内	N45° 40'	20.5	-7.2	6.6	1,058

表-3 主要養鹿国の飼養頭数（「The Deer Farmer magazine'98」HP）

国名	飼育頭数	農場数	頭数比率(%)
ニュージーランド	※1,600,000	4,000	43
中国	500,000	?	13
ロシア	400,000	?	11
アメリカ	250,000	?	7
オーストラリア	250,000	1,200	5
韓国	200,000	?	5
イギリス	104,000	4,500	3
ドイツ	104,000	4,500	3
カナダ	100,000	1,700	3
アイルランド	61,000	600	2
フランス	58,000	907	2
オーストラリア	40,000	1,700	1
台湾	36,000	?	1
デンマーク	31,000	650	1
スウェーデン	26,000	570	1

※NZの最新データによる飼養頭数は、4,500農場、250万頭である。

4. 北海道における養鹿産業の可能性検討

北海道における養鹿業の経営収支を、ニュージーランド方式（無畜舎放牧、購入飼料なし、3才未満で食肉化）をベースに検討してみます。

牧場規模＝20ha、1ha当たり飼養可能頭数＝15頭（成鹿換算）と仮定。

∴1農場当たりの飼養可能頭数＝300頭（成鹿換算）

繁殖用オス＝5頭、繁殖用メス＝150頭、仔鹿＝200頭

この中から、シカ肉生産＝160頭/年

袋角生産＝80kg（若雄鹿40頭×2kg/頭）としますと、

① 食肉販売収入（輸入価格並＝1,500円/kg、肉歩留率40%と仮定）

＝（160頭×60kg）×0.40×1,500円/kg＝5,760,000円

② 袋角販売収入（輸入価格並＝13,000円/kgと仮定）

＝80kg×13,000円/kg＝1,040,000円

従って、粗収入は、5,760,000円＋1,040,000円＝680万円

③ 雑費・経費等（NZ養鹿の実態と同じ粗収入の10%程度と仮定）

＝680万円×0.1＝70万円

∴純収益は、680万円－70万円＝610万円となります。

このほか、鹿皮製品の販売やシカ肉レストラン、ファームイン経営などを組み合わせていくことによって、更に収益を拡大することも可能になりますし、袋角生産を行わずにシカ肉生産主体の経営とする場合も収益は大きく異なってきます。

5. 今後の展開

北海道での養鹿産業には、以下のような優位性があると考えられます

- 1) エゾシカは北海道の自然環境下で生息する動物であり、餌の多くは野草でも対応可能。
- 2) 自家牧草による飼養を原則とすれば、自然環境への負荷が少ない循環型農業が可能。
- 3) エゾシカは積雪寒冷下でも生息可能な動物であり、無畜舎飼養が可能。
- 4) 放牧飼養ならば、農家は労働力を他の収益活動に振り向けられる（兼業可能）。
- 5) 養鹿牧場を活用した観光農業（ファームイン、シカ肉レストラン等）に発展可能。
- 6) エゾシカ肉は安全で健康に良い食材として北海道特産品となり得る。

7) 皮革、袋角等を利用した加工関連産業の創出に繋がる。

8) 厳しい現状にある中山間地帯に最適な産業を創出でき、地域の活性化に繋がる。

この様に多くの優位性が考えられる養鹿ですが、具体的に産業化を考えるうえではわが国と西欧諸国との食文化の違いなどを踏まえた需要予測を的確にしておくことが不可欠です。一部には、これまでシカ肉を食する習慣のない日本人にシカ肉需要を醸成することは困難ではないかという意見があるのも事実です。しかし、これまで世界中の多様な食文化を抵抗無く受け入れてきた日本人の寛容力を考えれば、調理法などを工夫することによって鹿肉を新たな食材として受け入れることは十分可能と判断されますので、今から残された課題を

一つひとつ解決していくことが重要と考えます。

なお、牧場面積の拡大等によって飼養頭数を増加させ、より大きな収益を上げることも可能ですが、厳しい経営環境下にある本道酪農家の実態からすれば、新たに多大な設備投資を必要とする牧場規模の拡大には多大な困難を伴うことが予測されます。しかし、道内に数多くある公共牧場では酪農経営の厳しさから年々利用率が低下しており、厳しい経営に直面している公共牧場が多く見かけられます(表-5)。事業収支係数が1.0を越える赤字経営の牧場では、一般会計からの繰り入れや市町村等からの補填金によって管理運営されていますが、特に、市長村営牧場や夏期だけの利用に留まっている牧場での赤字幅が大きく、市町村財政の負担にもなっております。

表-4 経営形態別 公共牧場数 (H13)

北海道	夏期利用	周年利用	採草利用	休止中	計
市町村	54	25	6	12	97
農協	84	17	11	22	134
公社等営	6	8	0	0	14
牧野組合	38	2	4	5	49
計	182	52	21	39	294

「平成13年度・公共牧場の利用の状況」北海道

表-5 公共牧場の収入、支出 (H12、牧場当たり平均) (単位:千円、%)

管理主体	区分	経營業務収入 (A)		経營業務支出 (B)		事業収支係数 (B) / (A)
			利用料		人件費	
市町村営	83 牧場	34,856	28,854	43,141	17,338	1.24
		(100)	(83)	(100)	(40)	
農協営	111 牧場	23,966	13,244	24,313	6,847	1.01
		(100)	(5)	(100)	(28)	
公社等営	14 牧場	135,521	41,795	143,138	35,398	1.06
		(100)	(31)	(100)	(25)	
牧野組合営	43 牧場	3,325	2,744	3,723	1,002	1.12
		(100)	(83)	(100)	(27)	
全牧場	251 牧場	30,253	18,199	33,640	10,907	1.11
		(100)	(60)	(100)	(32)	
夏期利用	182 牧場	8,179	6,847	11,947	4,566	1.46
		(100)	(64)	(100)	(38)	
周年牧場	51 牧場	117,718	63,977	120,661	36,799	1.02
		(100)	(54)	(100)	(30)	

「平成13年度・公共牧場の利用の状況」北海道

「平成13年度・公共牧場の利用の状況」によれば、公共牧場の当面している課題として60%の牧場が草地の老朽化を挙げ、次いで36%の牧場で預託畜が少なく収支が不均衡になっていることを挙げております。また、季節雇用労働力の確保が困難とする牧場も13%にのぼっており、公共牧場が極めて厳しい経営実態にあることが推測されます。

従って、それら公共牧場の一部を活用して管理手間のかからない養鹿を行いながら、収益力を高めることは、牧場の維持管理費軽減に繋がるだけでなく、結果として各農家の負担となる牛の預託料軽減にも繋がる可能性を秘めております。

この様に、養鹿はシカ肉生産だけでなく鹿皮製品の生産・販売やファームインなど観光農業への発展も見込まれるなど、すそ野の広い産業としての可能性を秘めているだけに、北海道中山間地帯の新しい農業形態として、さらには公共牧場の新たな振興策としても是非実現させたいものです。

火山灰質粘性土地盤の調整池設計事例

日本技研(株) 月 館 瑞 寛

1. はじめに

火山灰質粘性土は、火山灰、火山礫などの火山噴出物が堆積後に風化し、その一部または大部分が粘土化したものであり、わが国の特殊土の1つとして挙げられる。塑性の低い火山灰や火山礫の間には明確な区分はなく、何々ロームと呼ばれるような粘着性に富むものを火山灰質粘性土と総称している。

これらのロームは自然含水比が高く、非自由水分(拘束水)が極めて大きい、乱さない地盤の強度は3~4階建てのビルディングの支持層となるほどであり、平板載荷試験結果によると、許容支持力として100~150 kN/m²を期待できることが知られている。

しかしながら、地山を掘削、運搬、盛土するような土工の材料として取り扱う場合には、重機による踏み、こね返し、締固めにより土の軟弱化を引き起こし、トラフィカビリティが低下するとともに盛土構造物の安定性が低下するという特殊な性状をもつ土質である。

火山灰質粘性土の土工および土質試験に関する特徴的な性質をまとめると、以下のとおりである。

- ① 含水比の大きさにより、コンシステンシー限界値のみならず締固め曲線が顕著に変化する。また、試料の準備の仕方によっても締固め曲線が異なる。
- ② 無機質でありながら、乾燥密度が小さい。
- ③ 日本統一分類法において分類記号VH1(火山灰質粘性土(I型))、VH2(火山灰質粘性土(II型))に分けられ、液性限界80%が

その境界となっている。ただし、液性限界50%以下のものもある。

- ④ 地山では安定しているが、乱した場合に強度低下が非常に大きい。
- ⑤ シキソトロピーによる強度回復が見られる。
- ⑥ 基盤としての透水性は大きい、攪拌して締固めた場合は不透水性となる。

本報文は、このような火山灰質粘性土地盤上に、掘削した火山灰質粘性土を盛土材として計画した調整池について、その設計事例を報告するものである。

2. 調整池概要

本調整池は、農業水利事業のかんがい水源施設として、既設用水路からの自然流入および自然流下が可能なることを条件に、有効貯水量550,000 m³の調整池として計画されたものである。

このため、調整池計画地点として用水路沿線の丘陵地が選定され、利用水深は、流入工、注水工区間の水位差より水深3.9 mに制約された。

調整池の基本形状は、長方形形状に比較して概算工事費の面で優位な正方形形状とし、調整池の配置は周辺民家および公共物の移設が不要なることを条件に、取水・注水用パイプライン延長が最短となる丘陵地形の北側へ配置した。

以上を基本条件として調整池平面形状は、緩傾斜地形を利用して、最小限の切土量となる位置、形状を検討し、図-1に示す曲線部を多く取り入れた形状として設計した。

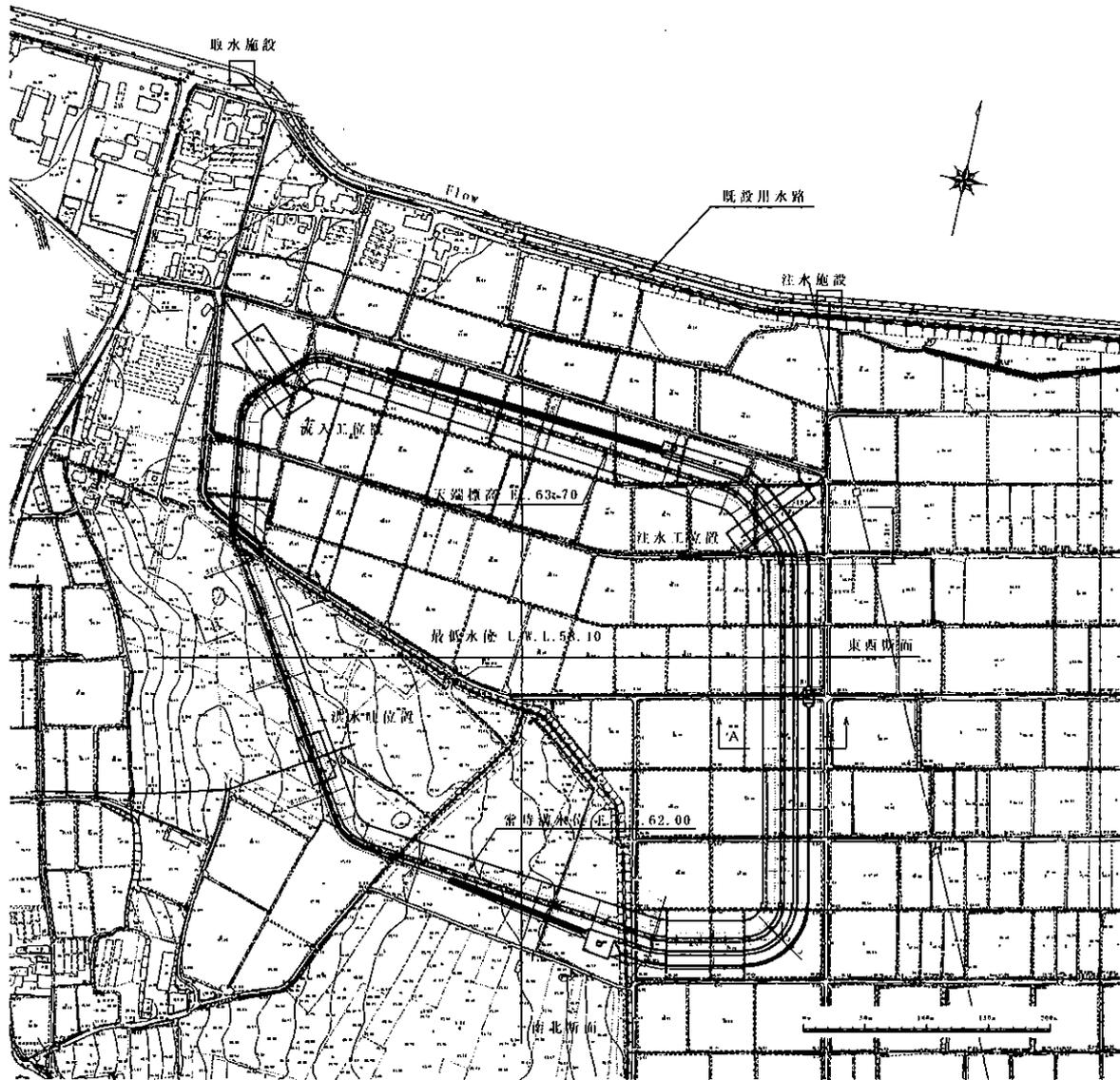


図-1 調整池一般計画平面図

3. 基礎地質と調整池タイプの検討

調整池計画地点の地質は、上位より黒ボク、上層ローム層 (Lm3)、下層ローム層 (Lm2)、高位段丘堆積物 (Dc)、砂岩層 (Ms) の層順で堆積しており、基盤となるMs層は深度16mの深さにある。上位に堆積するLm3、Lm2、Dc層はN値=4以下の軟弱層であり、透水性も $k = 2.4 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ であることから、設計上配慮すべきキー層となる。

以上の観点から調整池タイプは、地盤支持力が小さく支持基盤は深い深度にあること、また、掘削材は改良を加えることで盛土材として有効利用できること、さらには、沈下変形に対する追従に

信頼性があることなどを勘案し、コンクリート直壁タイプに比較してアースブラケットタイプが経済的にも優位となる。

図-2に当地区の南北方向および東西方向の地質断面図と調整池断面形状を示す。堤体形状は、南西側では切土タイプ、北東側では盛土タイプとなり、各地層ともに概ね等厚で地形に対しほぼ平行に分布していることから、盛土タイプではLm3を基盤とし、切土タイプおよびアースブラケット部ではLm2が基盤層となる。

表-1 土質構成表

時代	地層名	地質名	記号	平均 N 値	記 事	
第四紀	完新世	完新世火山灰	黒ボク	Ts	3	黒色を呈する火山灰質土層。上部に草根を混入する。層厚は 0.5 ~ 1 m 程度であるが、一部 2 m と厚い箇所もある。
	更新世	上層火山灰	火山灰質粘性土 (ローム)	Lm3	4	黄褐色を呈する火山灰質粘性土層。軽石、スコリアを多く混入するが、比較的均質。Lm2 と比較して相対稠度はやや硬い。層厚は 0.5 ~ 1 m 程度である。
		下層火山灰		Lm2	2	茶褐色 ~ 黄褐色を呈する軟質の火山灰質粘性土層。軽石、スコリアの薄層を挟む。また、細砂を混入し砂質シルト状を呈する。層厚は 2 ~ 4 m 程度である。
		火山灰	Lm1	—	暗茶褐色を呈する火山灰質粘性土層。本地区では欠如している。	
	新世	高位段丘堆積物	砂質粘性土	Dc	—	黄褐色を呈する粘性土層。軽石、スコリア混入し、所によって細砂、砂礫の薄層を挟在する。
		M 層	砂 ~ 砂岩	Ms	36	赤褐 ~ 黄褐色を呈する細粒 ~ 粗粒砂を主体とする砂質土層。一部で小円礫を混入する。ラミナが良く発達し、火山ガラスを多く含む。一部では青灰色を呈する。厚さ 1 m のシルトを伴ったり、砂礫状となる箇所もある。

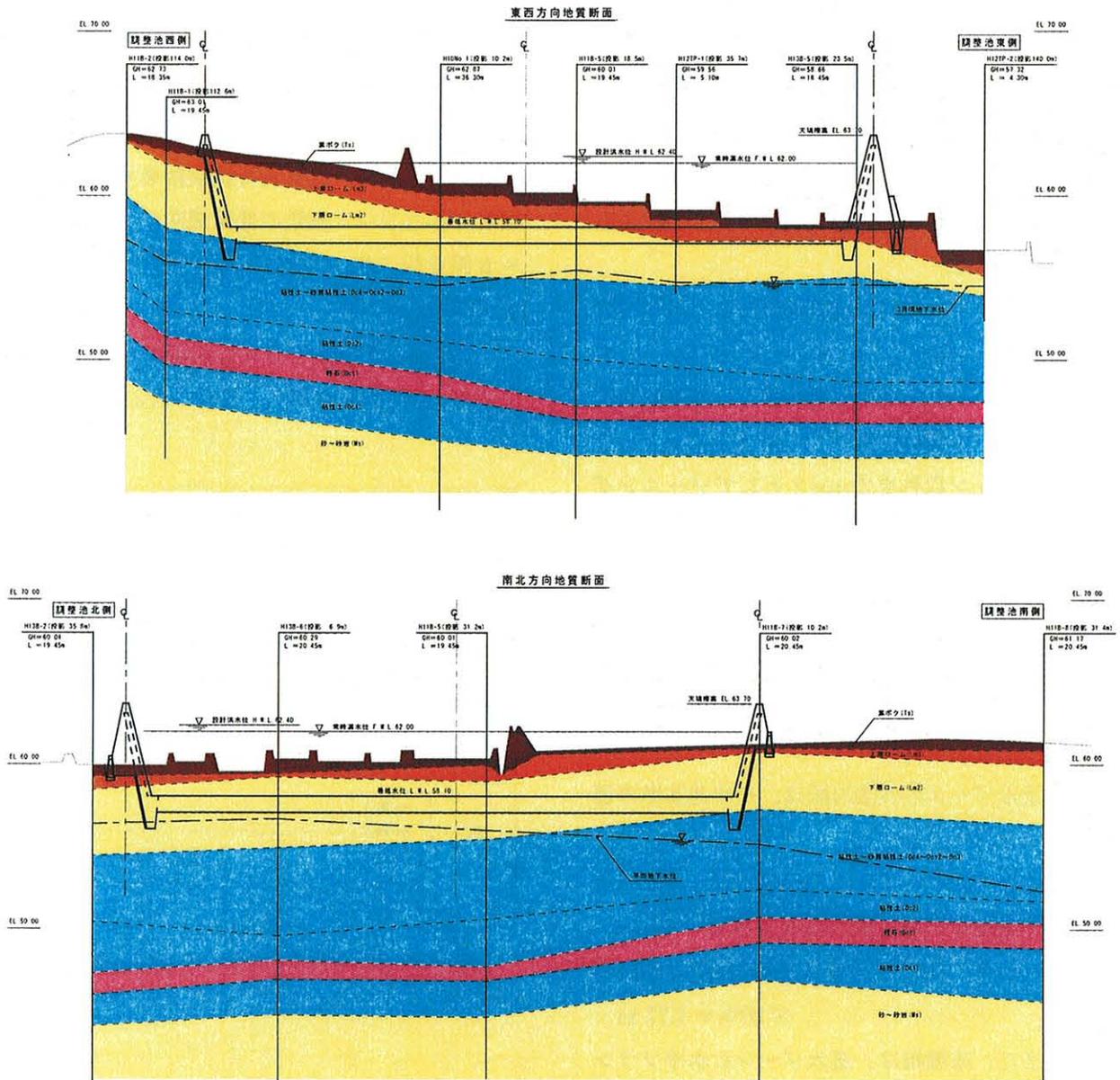


図-2 基礎地盤の地質構成と調整池断面形状

4. 堤体設計

(1) 基本断面の検討

堤体の基本断面およびゾーニングの設計方針は、以下の点を念頭に置き、図-3を標準断面とした。

- 1) 調整池基礎地盤は、透水性地盤であることから、遮水ゾーンを配置する。
- 2) 遮水工法は、型式比較検討結果からアースブランケット型式とする。
- 3) 基礎地盤標高は、EL.57.00～EL.63.00と標高差6.0mであることから、堤体断面の盛土高さも7.2mから1.2mとなる。よって、遮水ゾーンは、盛土部及び地山切土部ともに傾斜コア型とし、池底には水平ブランケットを配置して調整池内全体を連続した遮水ゾーンとして構築する。
- 4) 盛土材料は、基礎掘削材を積極的に流用することを念頭に、地区外土取場の砂と混合し、施工性および力学特性の向上を図るものとする。
混合比率は、土質試験結果より、以下のとおりとする。
砂：ローム＝3：1混合材（乾燥重量比）
なお、堤体は、遮水ゾーンをZone1、遮水ゾーン以外をZone2としてゾーニングする。両材料ともに同一材料を盛土材とするが、Zone1は遮水ゾーンであることから透水係数の管理を行うものとする。
- 5) 上流法面勾配は、安定計算結果より1：2.50とする。この場合、シキソトロピーによる強度回復は見込まない。
- 6) 遮水ゾーンの外法勾配は、ため池基準の標準寸法に準拠する。
- 7) 遮水ゾーンの厚さは、設計基準ダム(p.116)に準拠し、貯水深の30%を確保する。

(F.W.L.62.00－最低床掘標高EL.56.10)

$$\times 30\% = 1.77 \text{ m}$$

また、床掘幅は、遮水ゾーンと水平ブランケットとの交錯部における遮水性を高める

ため、法面勾配の延長上に計画し、5.2 mを確保する。

- 8) 高盛土部の堤体下流法先には、堤体内の水位低下を目的として法先ドレーンを設置する。また、低盛土部（地山ブランケット）の背面には、地山部接合面における盛立の施工性を考慮してフィルターゾーンを計画する。

(2) トラフィカビリティ

基礎地盤内テストピットにおいて、コーン貫入試験を行い、重機の施工性について検討した。基礎掘削直後のLm2層コーン指数は450～630 kN/m²を示し、湿地ブルドーザでの走行性が確保される300 kN/m²を上回るものである。

このことより、0.6 m²級バックホウを用いてテストピット内での簡易的な走行試験を行った。結果を図-4に示す。簡易走行試験結果では、繰返し走行に伴うコーン指数の低減傾向が認められ、4～6回走行において300 kN/m²を下回ることが確認された。

一方、Lm3層は重機走行前後ともにコーン貫入不可（981 kN/m²以上）であった。

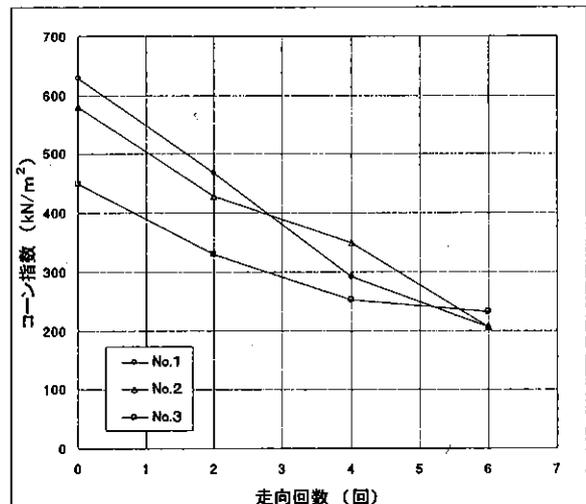
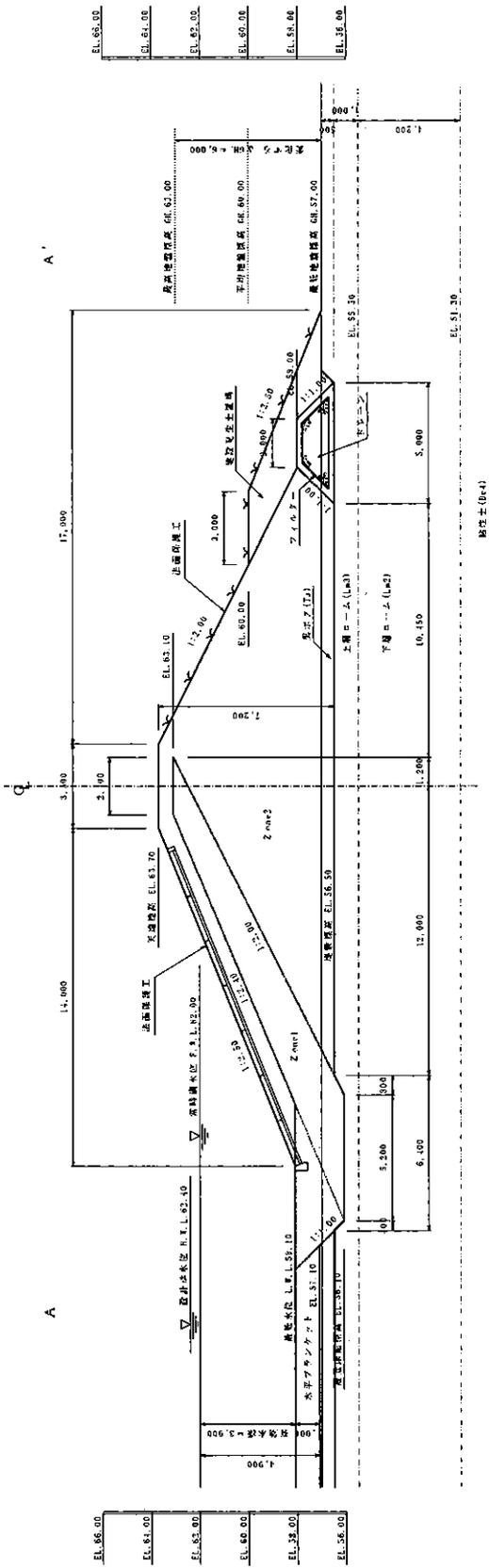
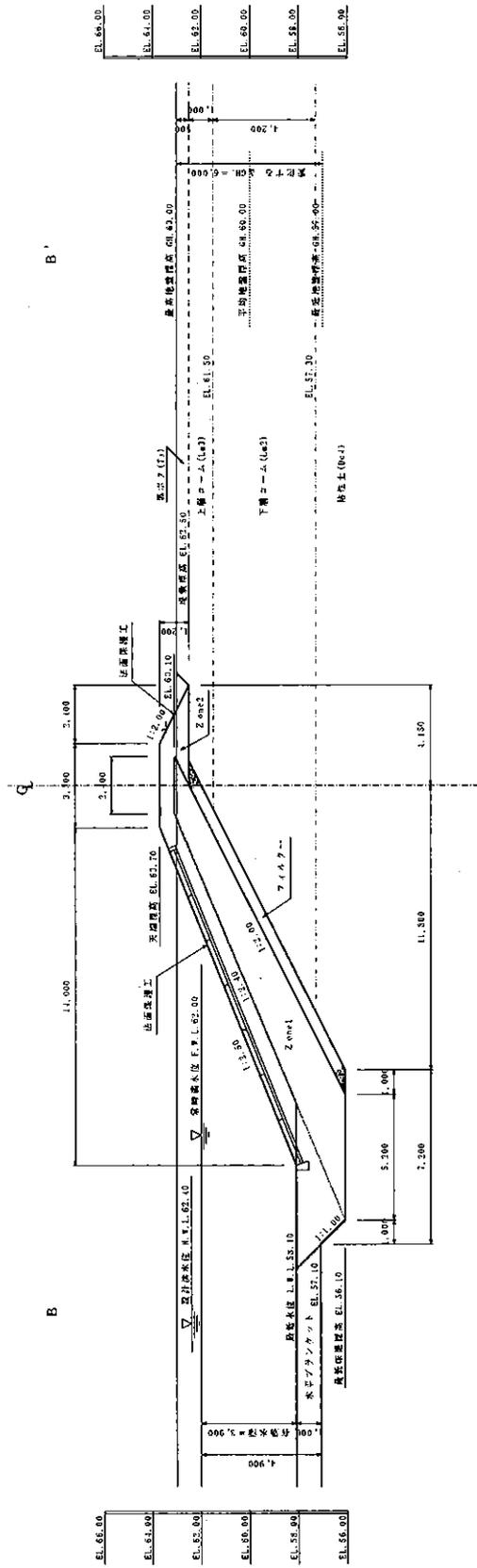


図-4 走行試験におけるコーン貫入試験結果



調整池標準断面図



調整池標準断面図

図-3 調整池標準断面図

(3) 沈下量の検討

盛土の沈下検討は、時間効果の有効活用を図り、供用後に及ぼす沈下を見込んで計画、設計および施工を行うことが基本とされる。

軟弱地盤上の盛土では、大きな沈下が長期間継続したり、予想以上の不同沈下が生じることも多く、これらによる盛土や構造物に生じる支障を最小限に止めるとともに、供用後の障害を取り除く必要がある。

したがって、盛土後の沈下量は、支持基盤までの地層構造を考慮し、下式により算出する。

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} C_c \log_{10} \frac{P^0 + \Delta P}{P_0}$$

ここに、 ΔH ：基礎地盤の沈下量 (m)

H ：基礎の厚さ (m)

C_c ：圧縮指数

ΔP ：載荷による荷重の増加 (kN/m²)

$$\Delta P = h \times \gamma t$$

h ：盛土高 $h = 7.2$ (m)

γt ：湿潤重量 $\gamma t = 19.3$ (kN/m³)

P_0 ：先行載荷による荷重 (kN/m²)

e_0 ：先行載荷による間隙比

本調整池における基礎地盤の沈下量について、圧密試験結果に基づき次のとおり算出した。

[Lm3]

$$\Delta H = \frac{H}{1 + e_0} C_c \log_{10} \frac{P^0 + \Delta P}{P_0}$$

$$\Delta H = \frac{1.00}{1 + 3.335} \times 0.436 \times$$

$$\log_{10} \frac{325 + 138.96}{325}$$

$$\approx 0.016 \text{ m}$$

[Lm3]

$$\Delta H = \frac{4.20}{1 + 2.798} \times 0.673 \times$$

$$\log_{10} \frac{65 + 138.96}{65}$$

$$\approx 0.370 \text{ m}$$

[Dc]

$$\Delta H = \frac{10.80}{1 + 3.534} \times 0.844 \times$$

$$\log_{10} \frac{110 + 138.96}{110}$$

$$\approx 0.714 \text{ m}$$

以上より、基礎地盤の全沈下量は、堤体の盛土施工（最大盛土高 $H = 7.2$ m）により、約 1.10 m 沈下する。

$$\Sigma \Delta H = 0.016 + 0.370 + 0.714$$

$$= 1.10 \text{ m}$$

5. 沈下対策工法

(1) 対策工法の選定

調整池基盤は、層厚約 16 m の軟弱地盤であることから、堤体盛土に伴う沈下変形に対し特別な配慮が必要である。特に、注水工、流入工としてパイプラインが盛土下部を横断する部分については、沈下変形を抑制する必要がある。

地盤改良工法は、主な改良手段として、1) 置換工法（軟弱土の除去）、2) 圧密促進工法（載荷重工法等）、3) 動的荷重載荷工法、4) 固結工法（薬液注入工法）がある。

ここで、本調整池は支持基盤までの深さが 16 m と深いことから、置換工法は施工不可であり、動的荷重載荷は砂地盤には適しているものの粘土地盤には不適である。また、固結工法は、土構造物の基礎地盤を対象としていることや、粘土地盤の改良は困難であることを考慮すれば、改良手段として選定されない。

したがって、本調整池基盤の対策工として、調整池基礎掘削に伴う多量の土砂が発生することも

勘案して、圧密促進工法のうち載荷重工法（プレローディング）を採用した。

一方、載荷重工法を施工する場合、盛土による圧密排水を促進させるため、バーチカルドレーン工法（鉛直排水）等と併用する例が多い。しかしながら、本構造物は調整池であることから、基礎地盤の透水性は可能な限り大きくしないことが望ましい。また、現況地盤の透水係数は $k = 2 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ であり、現況での排水性も有していることから、バーチカルドレーンの必要性は低い。

これより、排水層として基盤と盛土の境界部にサンドマットを布設して、圧密による排水を促進させるものとし、地盤中のドレーンは布設しないこととした。ただし、布設したサンドマットは本堤盛土前に全量掘削除去する。

（２）載荷重工法

載荷重工法は、構造物よりも大きな荷重をあらかじめ軟弱地盤に加えて圧密し、施工後に生じる沈下を防止するとともに基礎地盤の強度増加を図る工法である。このため、盛土施工中および施工後の変形量を精度良く計測し、予測値との検証を行うことが肝要である。

載荷重盛土工法の施工区間は、流入工、注水工の２ヶ所とし、盛土高さは計画高 + 2.0 m とした。

埋設計器は、漏水量や盛土の沈下、地盤の側方変位などを監視し、盛土と基礎地盤の安定性を検証するために表-2 に示す設備を計画した。

このうち、載荷重工法における動態観測の計器配置計画を図-5 に示す。

表-2 計測設備一覧表

計測項目	計 器	位 置	目 的
貯 水 位	標尺	調整池内	貯水位の測定
漏 水 量	三角堰	浸潤線からの 漏水量測定点	漏水量の測定
浸 潤 線	オープンピエゾ メーター	堤体天端中央部	堤体内および地山の浸潤線の測定
表面変位計	移動標的	堤体天端部 堤体法面部	堤体表面の変形測定
沈 下 量	クロスアーム式	高盛土部	施工中、施工後の地盤面の沈下量測定
側 方 流 動	傾斜計	高盛土部 民家隣接部	盛土による側方流動を監視し、周辺への影響を把握
間 隙 水 圧	循環式	ブランケット下部	水平ブランケットの機能監視

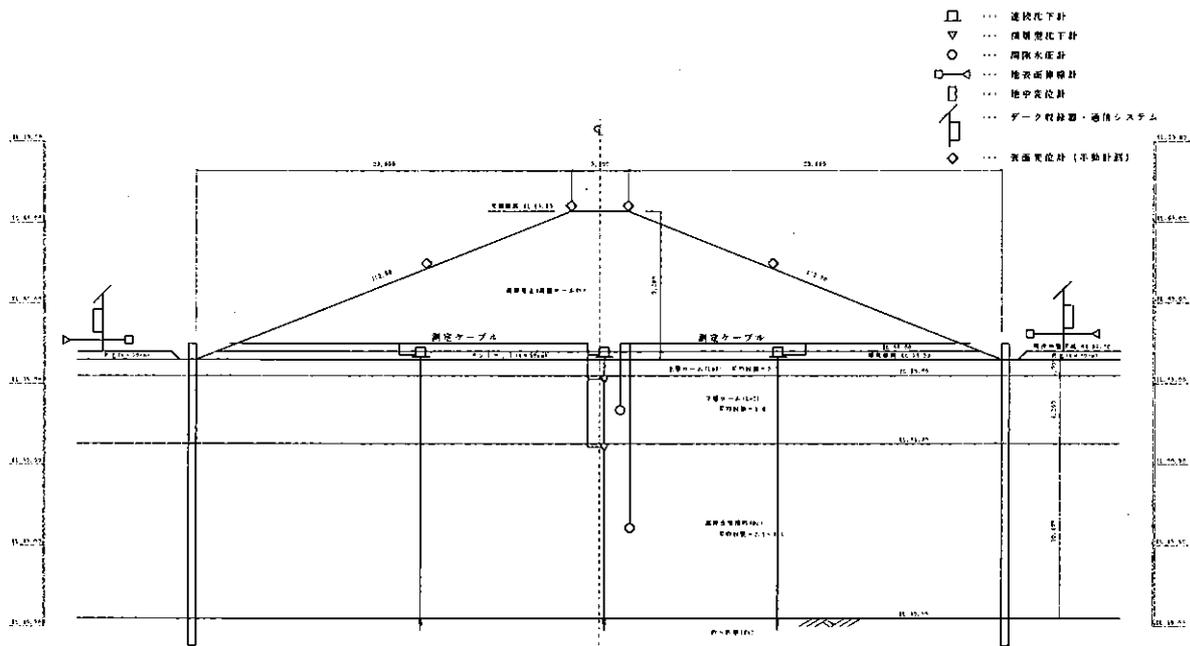


図-5 動態観測計器配置図

6. 施工計画

調整池施工計画では、基礎地盤の特性に配慮した工程とすることが肝要であるため、基礎掘削施工における重機のトラフィカビリティ確保の観点から、切土面を重機が走行しないよう、ヤード内に支線工事用道路を多数配置した。

以下に、掘削工事の主な工法を示す。

- ① 施工計画では、ヤード内のLm 2層上を重機走行しない計画とするため、調整池外周に幹線工事用道路を、その内側に支線工事用道路を図-6のとおり配置する。
- ② ヤード内支線工事用道路造成のため、バックホウにより道路計画地の表土を掘削し、Lm 3を露頭させる。
- ③ 支線工事用道路掘削においてLm 3を一部掘削し、幹線工事用道路盛土に流用する。
- ④ 調整池は、東側が西側に比較して低標高であるため、降雨水を東側に集水・排水することとし、釜場およびポンプ排水を最小限とする。
- ⑤ ダンプトラックの運搬経路は一方通行とし、作業効率を図る。

工事用道路間隔は、当調整池において計画しているバックホウ 1.4 m級の作業半径が図-7に示すように8.4 mであることから、38.1 m間隔に配置する計画とした。

7. おわりに

火山灰質粘性土の地盤工学的性質は、含水比などの物理特性が広範囲を示すことから、両者を定量的関係として明確に示すことは難しい土質と言える。

また、実際の施工では乱したときの強度低下や乾燥の影響による締固め曲線の変化などから、急速施工におけるトラフィカビリティの保持や盛土の締固め管理などの困難性が指摘される。

本調整池設計では、これまでに実施した調査および土質試験結果に基づき盛土の安全性並びに施工性が確保されるよう安全側に配慮した設計とした。今後は実施工において盛立試験を実施し、設計の妥当性を検証するとともに、同様な設計条件の参考事例となるよう取りまとめたいと考えている。

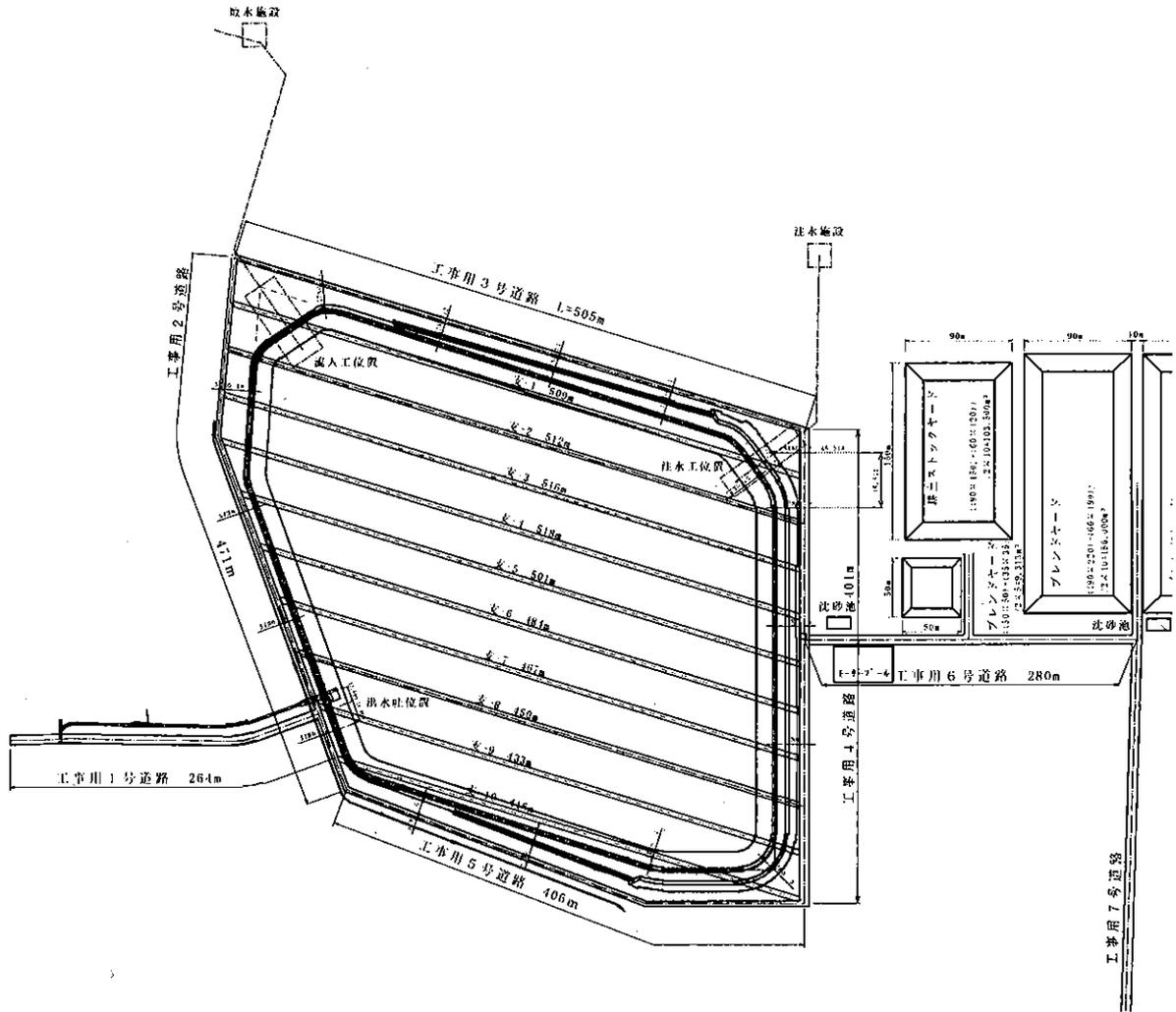


図-6 工事用道路計画図

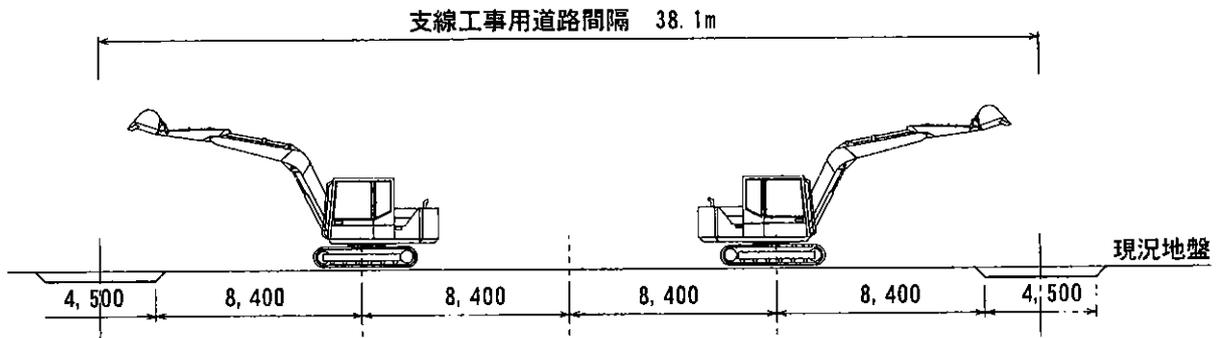


図-7 ヤード内支線工事用道路の設置間隔

長浜ダムの設計について

～設計・施工における沖積層の評価～

(株)日本農業土木コンサルタンツ 金 巻 宏 明

1. はじめに

長浜ダムは、沖縄県中部に県営かんがい排水事業の水源として、昭和62年から平成10年にかけて建設された中心遮水ゾーン型ロックフィルダムで、ダム諸元は表-1に示す通りである。

ダムサイトは河口に近いので、沖積層が厚く堆積しており、その沖積層の処理について、設計・施工段階において、種々の検討が行われ、調査・設計・施工管理に携わることができたので、ここに報告する。

表-1 長浜ダム諸元

一般	位 置	沖縄県読谷村	左岸側 仮排水路	対象流域面積	5.6km ²	
	河 川 名	長 浜 川		計画排水量	Q=70.3m ³ /s(W=1/10)	
	基礎岩盤	千 枚 岩		トンネル型式	標準馬蹄形 2R=3.20m	
	流域面積	5.6km ²		トンネル延長	145.0m	
	総貯水量	1,600,000m ³		トンネル勾配	1/100	
	有効貯水量	1,430,000m ³		仮締切堤	型 式	傾斜遮水ゾーン型フィルダム
	堆砂量	170,000m ³			最高水位	WL 13.5m(W=1/10)
	設計洪水位	HWL 29.3m			堤 頂 長	82.5m
	常時満水位	FWL 26.9m			天 端 標 高	EL 15.3m
	低 水 位	LWL 13.2m			築 堤 量	20,160m ³
	満水面積	147,000m ²		右岸側 切替水路	対象流域面積	1.4km ²
	利用水深	13.7m			計画排水量	Q=17.6m ³ /s(W=1/10)
	堤 体	型 式			中心遮水ゾーン型フィルダム(部分置換型)	トンネル型式
堤 高		48.3m	トンネル延長		188.0m	
堤 頂 長		196.0m	トンネル勾配	1/177		
堤 頂 幅		8.0m	仮締切堤	型 式	傾斜遮水ゾーン型フィルダム	
天端標高		EL 31.8m		最高水位	WL 16.4m(W=1/10)	
堤 体 積		482,300m ³		堤 頂 長	69.5m	
洪水吐	設計洪水量	Q=248.0m ³ /s(W=1/200)	天 端 標 高	EL 18.3m		
	越流型式	シュート式	堤 体 積	22,550m ³		
	越流水深	2.4m	左岸 プランケット	天 端 標 高	EL 31.0m	
	越流堰長	31.0m		堤 高	24.0m	
減勢型式	静水池(Ⅲ型)Q=172.0m ³ /s(W=1/100)	堤 頂 長		82.0m		
取水設備	最大取水量	Q=0.225m ³ /s		堤 体 積	61,170m ³	
	取水型式	多孔式斜樋	緊急放流設備	最大放流量	Q=2.900m ³ /s	
	導水方式	斜樋管(φ1000, φ600)		取水型式	多孔式斜樋	
				導水方式	導水管(φ800)	
				流量調整ゲート	ジェットフローゲート(φ550)	
				減勢型式	空中放流	

2. 設計時の評価

2-1 沖積層の性状

河床低位部を覆う沖積層について、ボーリング調査・標準貫入試験・現場透水試験・孔内水平載荷試験・平板載荷試験・PS検層・堅坑電気探査・弾性波探査及び各種土質試験等の調査・試験を実施し、沖積層は次のように評価された。

層 厚……最大約20m

層 相……千枚岩及び石灰岩の巨礫を含む砂礫層で、レンズ状にシルト～粘土層を挟む

強 度……上層約10mは $N \approx 10$ 、下層は $N \approx 15 \sim 20$ で、ダム基礎としては軟弱地盤

透水性…… $k = 2 \times 10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$ の透水性地盤

2-2 基礎地盤（沖積層）

(1) 密度

堅坑内で実施した現場密度試験結果から設計密度を決定した。

比 重： $G_s = 2.66$ ($A \ell - 1 \sim A \ell - 3$ の平均値)

含 水 比： $w = 11.65 \approx 12.0\%$ (現場密度試験)

湿潤密度： $\gamma_t = 2.065 \approx 2.05 \text{tf/m}^3$

(現場密度試験)

$$\text{乾燥密度： } \gamma_d = \frac{\gamma_t}{1 + (w/100)} = \frac{2.05}{1 + 0.12} = 1.83 \text{tf/m}^3$$

$$\text{間 隙 比： } e = \frac{G_s}{\gamma_d} - \gamma_w = \frac{2.66}{1.83} - 1.00 = 0.45$$

$$\text{飽和重量： } \gamma_{\text{sat}} = \frac{G_s + e}{1 + e} = \frac{2.66 + 0.45}{1 + 0.45} = 2.14 \text{tf/m}^3$$

$$\text{水中重量： } \gamma_{\text{sub}} = \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = 2.14 - 1.00 = 1.14 \text{tf/m}^3$$

表-2 堅坑内現場密度試験結果（沖積層）

測定位置		測定番号	湿潤密度 $\gamma_t (\text{g/cm}^3)$	含水比 $w(\%)$	乾燥密度 $\gamma_d (\text{g/cm}^3)$	間 隙 比 e
GL-4.0m	置 換 法	No-1	2.09	9.97	1.90	0.40
		No-2	2.07	10.93	1.87	0.42
		No-3	1.99	10.41	1.80	0.48
		No-4	2.16	17.21	1.84	0.45
		No-5	2.00	17.38	1.70	0.56
	コンパクション テスター	No-1'	2.04	11.60	1.83	0.45
		No-2'	2.07	9.00	1.89	0.41
GL-5.0m	置 換 法	No-1	2.07	12.02	1.85	0.44
		No-2	2.02	11.53	1.81	0.47
		No-3	2.11	10.76	1.91	0.39
		No-4	2.00	11.91	1.79	0.49
	コンパクション テスター	No-1'	2.10	10.70	1.90	0.40
		No-2'	2.06	9.83	1.87	0.42
		No-3'	2.09	9.99	1.90	0.40
		No-4'	2.11	11.50	1.89	0.41
	最 大 max		2.16	17.38	1.91	0.56
	最 小 min		1.99	9.00	1.70	0.39
	平 均 M		2.065	11.65	1.850	0.44

注) 上表において、比重はS55年度試験の $A \ell - 1 \sim A \ell - 3$ の平均値 $G_s = 2.66$ を用いて、間隙比を算出した。

(2) せん断強さ

表-3 沖積砂礫層の力学試験結果一覧表

資料番号	三軸圧縮試験(CU)						一面せん断試験(CD)		
	湿潤密度 (g/cm ³)	含水 (%)	全応力		有効応力		含水比	全応力	
			C(kgf/cm ²)	φ(°)	C'	φ'		C	φ
A ₁₋₁₋₁	1.995	11.0	1.3	29° 00'	1.0	32° 30'	10.8	1.24	43° 45'
A ₁₋₁₋₂	2.027	11.1	0.4	34° 00'	0.2	36° 45'			
A ₁₋₂₋₁	2.063	11.6	0.4	29° 00'	0.3	33° 00'	10.8	0.42	43° 00'
A ₁₋₂₋₂	2.052	10.3	0.8	32° 00'	0.7	33° 30'			
A ₁₋₃₋₁	2.042	10.9	0.6	30° 00'	0.3	34° 30'	10.8	0.94	40° 25'
A ₁₋₃₋₂	2.039	10.5	0.5	33° 00'	0.3	35° 30'			
平均 M	2.036	10.9	0.67	31.25	0.47	34.29	10.8	0.87	42.39
σ _{n-1/2}			0.17	1.02	0.15	0.81		0.21	0.87
M-σ _{n-1/2}			0.50	30° 13'	0.32	33° 28'		0.66	41° 31'

①三軸圧縮試験から

$$\phi = 30^{\circ} 13'$$

②一面せん断試験から

$$\phi = 41^{\circ} 31'$$

③標準貫入試験からの推定値 (N=平均15)

粒度分布が良く丸い粒子

$$\phi = \sqrt{12 - N} + 20 = 33.4^{\circ}$$

④最上氏の関係式からの推定値

堅坑内の砂礫の均等係数U=66より、

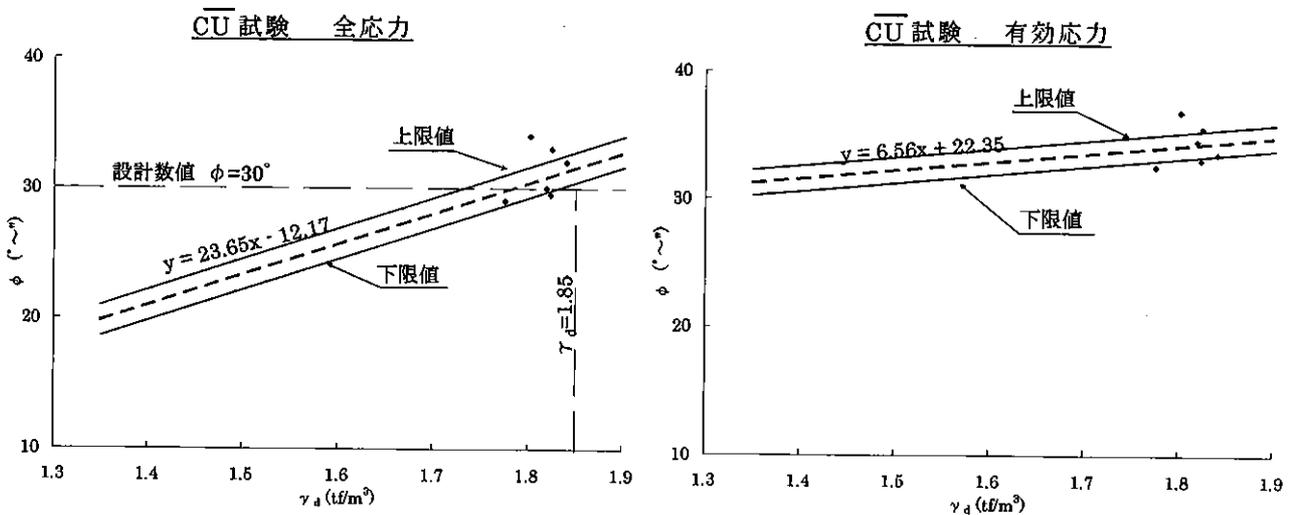
$$K = 0.75$$

$$\sin \phi = \frac{K}{1+e} = \frac{0.75}{1+0.45} = 0.5172$$

$$\rightarrow \phi = 31^{\circ} 08'$$

以上より、せん断強さは $\phi = 30^{\circ} 00'$ 、C=0と決定した。

図-3 沖積層せん断強さ



3. ダムタイプの検討

3-1 基礎地盤とダムタイプの関係

ダムサイトには沖積層が厚く堆積しているため、沖積層の透水性の改良（止水工法）・液状化・築堤による沈下・貯水によるパイピングについて検討した結果、遮水敷部では上層沖積層に液状化が生じること、築堤により1m内外の沈下が生じ、不等沈下の可能性があること及び貯水によりパイピングが生じることが考えられ、ダムの直接基礎（地盤改良を行わない）とすることはできないと判断した。また、透水性を改良する止水工法としては、コア材による置換・スラリートレンチ工法が適用可能とし、比較案として選定した。

以上より、沖積層の処理方法も考慮して、比較対象ダムタイプとしては下記のような形式が考えられた。

・置換型

沖積層を除去して、ダムの基礎地盤を支持力・透水性に対して信頼度の高い千枚岩に求

め、良質の遮水材で置換える方法である。ダム敷全体を置換する方法と、予想される滑り面に対して部分的に置換する方法がある。

・マット型（フローティングタイプ）

パイプロコンポーザー等により沖積層を改良し、支持力・沈下・液状化に対しての安定を図る。止水・パイピングに対しては、塑性体の止水壁（スラリートレンチ）にあわせ、更に安全を見て人工ブランケットを施工し、地下浸透流速及び間隙水圧を減少させて基礎の安定を図る。

3-2 基本条件

比較検討を行うにあたり、設計震度・堤体安全率及び堤体斜面勾配を次のように設定した。

設計震度：KH=0.12

堤体安全率：全面置換の場合Fs=1.2、部分置換及びマット型の場合Fs=1.5

堤体斜面勾配

設計震度	安全率	ダム型式	堤体斜面勾配	
			上流	下流
KH=0.12	S _F =1.2	中心遮水全面置換型	1:2.8	1:2.2
"	S _F =1.5	中心遮水部分置換型	1:3.5	1:2.8
"	"	中心遮水マット型		
"	"	傾斜遮水マット型		

3-3 ダムタイプの選定

ダムタイプを、基礎地盤（沖積層）特性及び経済性等から検討した結果を表-4に示す。

沖積層をダム基礎としたマット型を採用する場合、地盤改良を行っても沈下等の安全性に問題を

残し、経済的にも不利である。よって、長浜ダムのダムタイプは、経済的で安全性についても問題のない「部分置換型中心遮水ゾーンフィルダム」を選定した。

表-4 ダムタイプ比較表

項目	現況	ダムタイプ			
		置換型		マット型 (フローティングタイプ)	
ダム模式図		<p>中心遮水全面置換型</p>		<p>中心遮水マット型</p>	
		<p>中心遮水部分置換型</p>		<p>傾斜遮水マット型</p>	
沖積層対策	支持力	上層 $N \approx 10$ 下層 $N < 15 \sim 20$	・沖積層を掘削除去し、築堤材料で置換える。	・ハ'イ'ロン'ボ'-ザ'- D800, @1.6m で N 値を 30 以上に改良する。	
	透水性	$k=10^{-2} \sim 10^{-3} \text{cm/s}$	・遮水材で止水する。	・ス'ラ'リ'-トレ'ン'チ $b=1.0\text{m}$ で止水を図る	
	液状化	粒度分布, N 値相対密度から液状化の可能性あり	・沖積層を掘削除去し、築堤材料で置換える。	・ハ'イ'ロン'ボ'-ザ'- により沖積層の相対密度を高めて、液状化防止を図る。	
	沈下量	築堤による不等沈下が予想され、沈下量は大きい。	・築堤土の沈下のみでその量は材料特性から小さい。施工規制により不等沈下を防ぐことは可能。	・堤軸縦断方向の沖積層の堆積厚の差及び堆積物の不均質性より、改良後も不等沈下が予想される。	
	ハ'イ'ン'ク'	地層の粒径からハ'イ'ン'ク'の可能性有り	・置換により、完全に防止できる。	・ス'ラ'リ'-トレ'ン'チによりハ'イ'ン'ク'は阻止できるが、不等沈下、動的要素による止水壁破壊の懸念が残る。	
築堤材料と残土処理		・土取場及び原石山の材料賦存状況を考慮した堤体ゾーニングを行うことにより築堤量は十分確保できる。 ・沖積層の残土処理が問題となる。	・築堤量は置換型より少ない。 ・残土は置換型の 40~50% 程度と考えられる。		
問題点		・基礎掘削が深く(約 20m)なることから、地下水処理上、止水工を堤体の上・下流に設けなければならない。	・ハ'イ'ン'ク', 液状化対策として、ハ'イ'ロン'ボ'-ザ'- である程度補うことは出来るが、局所的に、液状化ハ'イ'ン'ク'の恐れある。 ・沖積層の分布・地質状況より改良後も不等沈下が予想され、ス'ラ'リ'-トレ'ン'チの破壊の懸念もある。		
経済性		中心遮水全面置換型	1.3	中心遮水マット型	1.6
		中心遮水部分置換型	1.0	傾斜遮水マット型	1.5

4. 施工時の検討

4-1 沖積層の再評価

長浜ダムは基礎に沖積層が厚く（約20m）分布し、その取扱いが大きな課題であった。

沖積層の強度定数については、表層部で実施した豎坑（5m）による調査・試験結果を基に決定したが、試験結果のバラツキ、部分的な試験値により広範囲に分布する沖積層を評価することとなるため、設計段階の調査・試験で実施した範囲では基礎地盤に不確定要素を残さざるを得ないことより、堤体設計の安全率は1.5以上を採用し、堤体基本断面を決定した経緯がある。

しかし、長浜ダム建設工事の進捗に伴い堤体敷の基礎掘削が行われ、沖積層の性状を把握し易い状況になったことより、沖積層の再評価及び堤体基本断面の再検討を行う目的でダム建設工事において各種調査・試験を実施した。

一方、原石山においては原石山の材料の性質（トランジション材及びロック材）を確認するための追加試験が行われている。

このような状況の中で、沖積層の豊富な調査試験結果により、基礎地盤の再評価を行い、妥当な強度定数、安全率を検討し、これらを基にゾーニングを含めた堤体設計の見直しを行った。

4-1-1 沖積層の密度の推定

沖積層の密度は、テストピットを掘削し、現場密度試験により求める方が精度が高いが、全計段階では地下水位等の関係で表層付近でしか行えず、沖積層の深部の密度が測定できない。

このため、今回ボーリング孔を利用した密度検層を行い、深部まで連続して沖積層の密度を求め、N値と間隙比（ e ）との相関等から沖積層の乾燥密度を評価し、その密度に対応したせん断強度をせん断試験結果より決定することとした。

(1) 密度検層結果

1) 湿潤密度

ボーリング孔を利用した密度検層結果は図-4に示すとおりであり、1mピッチの湿潤密度が得られている。

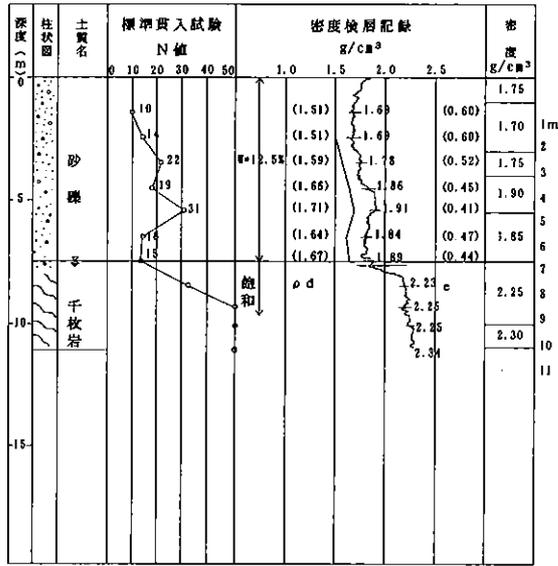
2) 含水比

密度検層実施地点の含水比は測定されていないが、掘削された斜面部ではテストピットにより現場密度試験が行われている。この結果から含水比は、おおむね $w=10\sim 15\%$ 程度である。掘削斜面部は表層であり、砂礫層深部より含水比が低下していることも考えられる。しかし、掘削斜面部で地下水位を排水して低下させながら平板載荷試験を行った結果が報告されているが、それによると低下後の砂礫層の含水比も $10\sim 15\%$ （平均約 12% ）程度であり、この値を地下水位直上部の含水比に近いものと考えれば、砂礫層の透水係数が 10^{-2} cm/sオーダーであることとあわせて、砂礫層は表層から地下水面付近まで含水比に大差はなく、ほぼ $10\sim 15\%$ の間であると思われる。

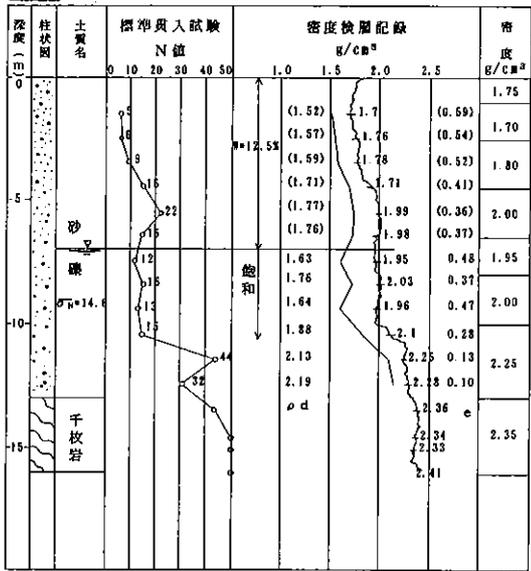
したがって、砂礫層の含水比は上記範囲の平均値をとり、 $w=12.5\%$ とする。また、地下水位より下は飽和状態と仮定する。

圖一 4 沖積層密度檢層結果

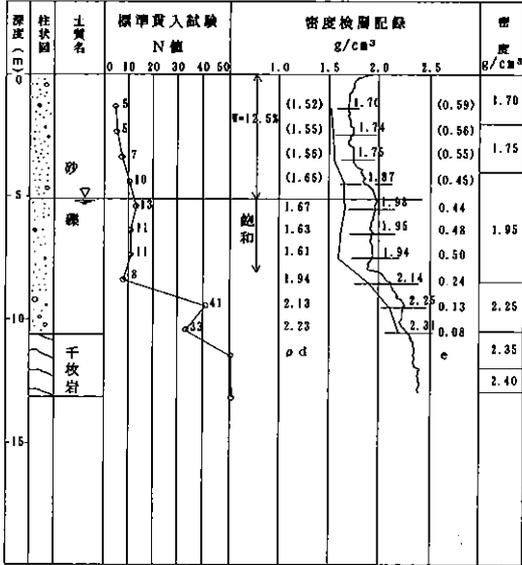
BR-1



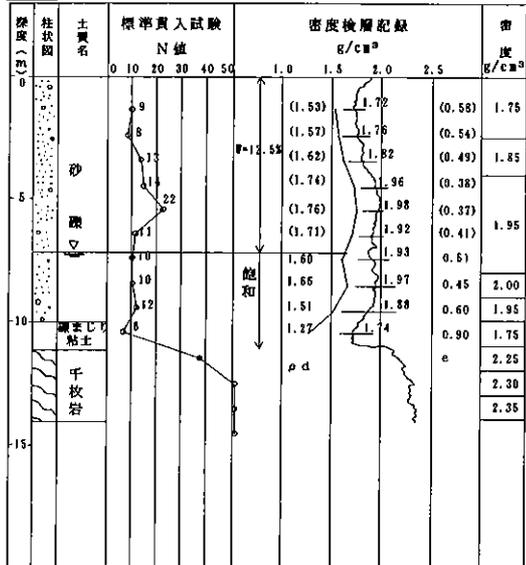
BR-2



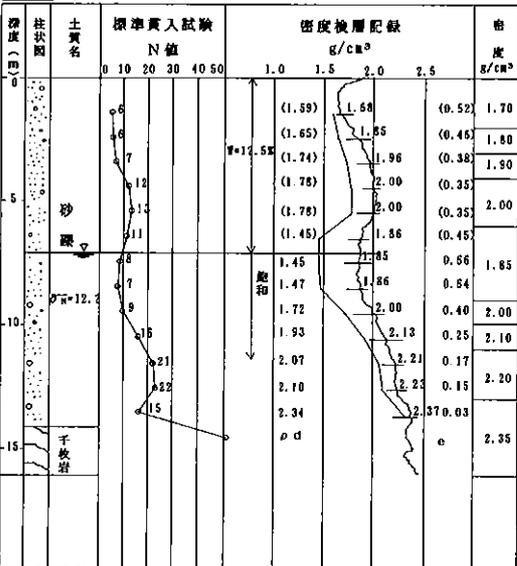
BR-3



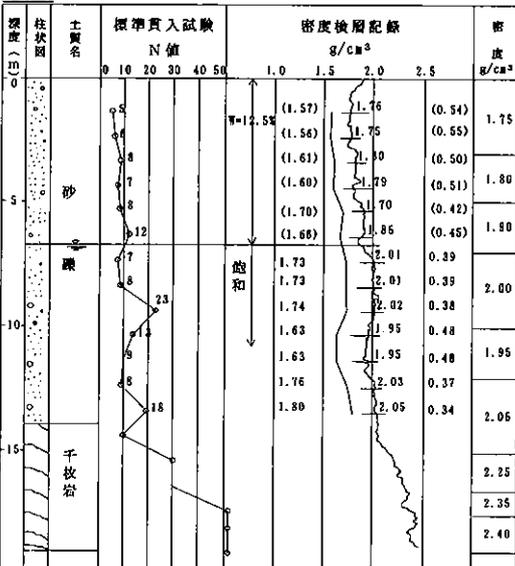
BR-4



BR-5



BR-6



3) 地下水位

地下水位はボーリング削孔終了時の孔内水位が測定されている。平均的にはほぼ深度7m(EL(-)7.0m) 付近と考えられる。

4) 乾燥密度、間隙比の推定

砂礫層の比重が均一と考えれば、その層の乾燥密度 ρ_D と飽和重量 ρ_{sat} は間隙比 e の関数となり、 e により一義的に決定される。

$$\rho_D = \frac{G}{1+e} \quad \rho_{sat} = \frac{G+e}{1+e}$$

また、含水比が決定すれば ρ_D より、

湿潤密度 ρ_t は

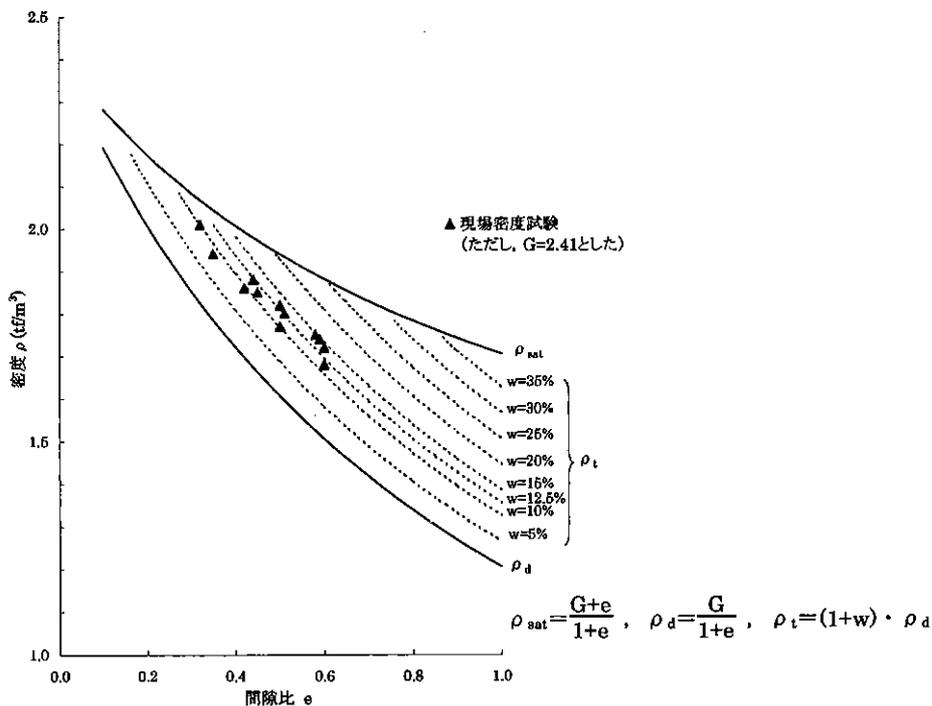
$$\rho_t = (1+w) \rho_D$$

となる。

そこで、比重をテストピットNo.1～No.8の絶乾比重の平均値 $G=2.41$ を用いて、間隙比と密度の関係を示すと、図-5のようになる。

この図から、密度検層結果を基に仮定した含水比により、各孔の検層地点の砂礫層の e 、 ρ_D を求めると図-4に示すとおりとなる。なお、地下水面より下は飽和重量と仮定した。

図-5 沖積層 $\rho \sim e \sim w$ の関係 ($G=2.41$)



(2) 湿潤密度 ρ_t 、間隙比 e と N 値の対応

各孔において密度検層結果から求めた ρ_t と N 値の相関を求めると、図-6に示すとおりとなり、全体にはある程度の相関 ($\gamma=0.65$) を示している。

密度検層結果から求めた e と N 値の相関を求め

ると、図-7に示すとおりとなり、全体にはある程度の相関 ($\gamma=0.64$) を示している。

以上より、 N 値と湿潤密度 ρ_t 、間隙比 e の間には相関があるものと考えられ、今回の調査・試験により沖積層の密度分布が把握できたものと思われる。

図-6 沖積層N~ρt (湿潤密度)

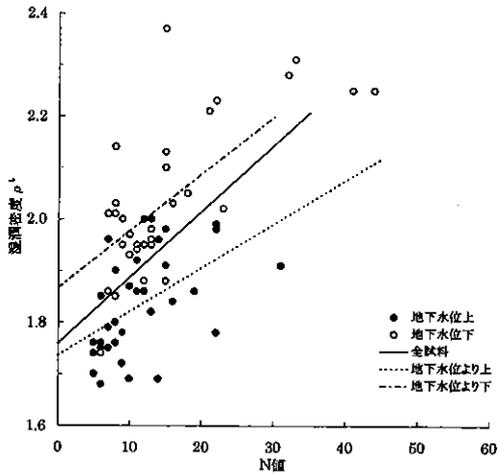
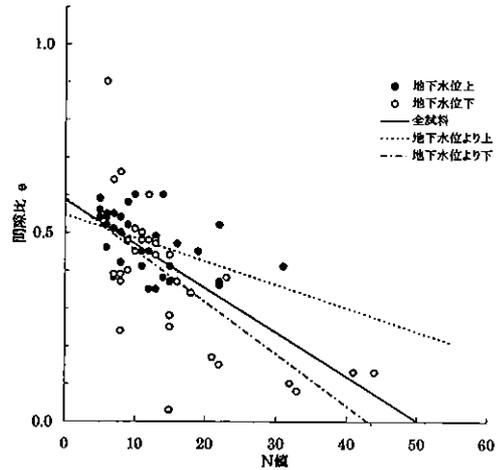


図-7 沖積層N~e (間隙比)



(3) 間隙比e~相対密度Dr~N値の関係

相対密度は $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$ で示される。

No. 7地点で採取した試料により、エネルギーを変化させた締固め試験が行われているが、締固めエネルギーが2.0ECから3.0ECになると乾燥密度の増加量が減少し ($\Delta \rho_D = 0.022 \text{ tf/m}^3$)、透水係数も 10^{-4} cm/s オーダーから 10^{-6} cm/s オーダーに低下しており、この間で締固めエネルギーが砂礫層の締固めよりレキの破碎に多くがつかやされているものと考えられる。したがって、相対密度を考える場合、現状の砂礫層状態での最小間隙比 e_{min} は

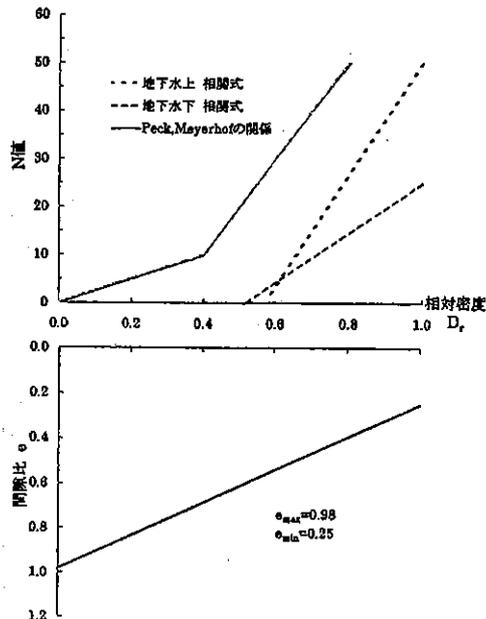
2.0ECの値が妥当と考えられる。また、最大間隙比 e_{max} は締固めを行わない状態0.0ECの値とする。

$$e_{min} = 2.363 / 1.896 - 1 = 0.25$$

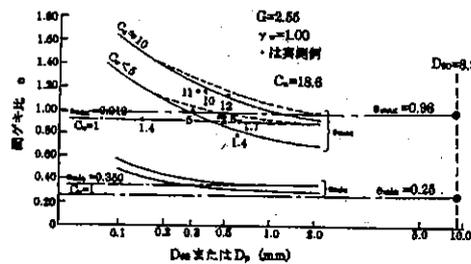
$$e_{max} = 2.363 / 1.194 - 1 = 0.98$$

一方、粒度・粒径より e_{max} 、 e_{min} を推定する方法に小川・石堂の関係があるが、これに本地区の砂礫層を適用すると、 D_{60} 、 C_u (均等係数) の平均値が $D_{60} = 8.9$ 、 $C_u = 18.6$ より図-8に示すとおりとなり、図の範囲をはずれるが、傾向的にはほぼその延長上に位置する。

図-8 沖積層N~Dr~eの関係



粒径・粒度と e_{max} ・ e_{min} の関係 (小川・石堂による)



砂礫層の粒度

テストピット	D ₆₀	D ₁₀	Cu(Uc)
TP-1 (下流)	2.4	0.25	9.6
TP-2 (下流)	2.6	0.07	37.1
TP-3 (下流)	4.6	0.36	12.8
TP-4 (下流)	(3.0)	—	—
No.1	4.7	0.25	18.8
No.2	7.2	0.50	14.4
No.3	14.2	0.76	18.7
No.4	19.0	0.90	21.1
No.5	8.1	0.52	15.6
No.6	5.2	0.36	14.4
No.7	9.2	0.48	19.2
No.8	20.8	0.90	23.1
平均	8.9	0.49	18.6

(4) 間隙比の深度分布

各孔の密度検層結果を平均して、砂礫層の間隙比の深度方向の分布をみると表-5に示すとおりとなる。結果にバラツキがあるものの、深度0~11m範囲が間隙比 $e=0.4\sim0.6$ 、乾燥密度 $\rho D=1.5\sim1.7\text{ tf/m}^3$ 、基盤上3m程度(深度11~14m)が $e=0.2\sim0.4$ 、乾燥密度 $\rho D=1.8\sim2.0\text{ tf/m}^3$ と考えられる。

(5) 沖積層のせん断強度の推定

前項までの検討により、沖積層の乾燥密度は $\rho D=1.5\sim2.0\text{ tf/m}^3$ 、間隙比は $e=0.6\sim0.3$ 程度の範囲にあり、バラツキがある。また、N値は $N=5\sim40$ 程度の範囲にあり、ある程度の相関を示し、N値が大きくなると、間隙比が小さく乾燥密度が大きくなる。

まず、N値より種々の方法で ϕ を求めると下表に示すとおりとなる。

算 定 式		N	ϕ
Dumham	$\phi = \sqrt{12N} + 15$ (丸い一様な砂)	5~40	22.7 ~ 36.9
"	$\phi = \sqrt{12N} + 20$ (丸い配合のよい砂及び角)	"	27.7 ~ 41.9
"	$\phi = \sqrt{12N} + 25$ 角張った配合のよい砂	"	32.7 ~ 46.9
Peck	$\phi = 0.3N + 27$	"	28.5 ~ 39
大崎	$\phi = \sqrt{20N} + 15$	"	25 ~ 43.3

次に間隙比より最上の図から求めると
均等係数 $UC \approx 19$ より

$K=0.9$ (レキの下限ライン)

$$\sin \phi = \frac{k}{1+e} = \frac{0.9}{1+0.6} \sim \frac{0.9}{1+0.3}$$

$$= 0.56 \sim 0.69 \rightarrow \phi = 34 \sim 44^\circ$$

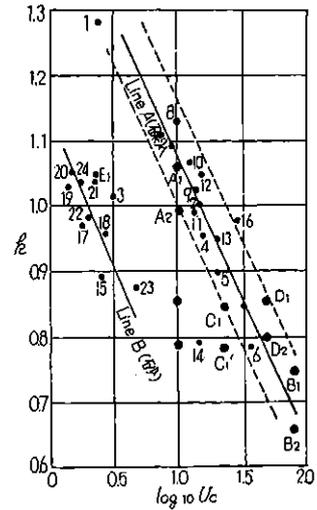
また、相対密度からPeck、Meyerhofの関係より求めると

$Dr=50\sim100\%$ のため、 $\phi=30\sim45^\circ$ の値が得られる。

N値, 相対密度, 内部摩擦角

打撃値 (N値)	相対密度 $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$		内部摩擦角 ϕ°	
			Peck	Meyerhof
<4	常にゆるい (very loose)	<0.2	<28.5°	<30°
4~10	ゆるい (loose)	0.2~0.4	28.5~30	30~35
10~30	中位の (medium)	0.4~0.6	30~36	35~40
30~50	密な (dense)	0.6~0.8	36~41	40~45
>50	非常に密な (very dense)	0.8~1.0	>41	>45

礫の均等係数とKの値



前出のN値、Peck、Meyerhofの関係は砂を対象としたもので、レキの多い砂礫層に適用できるか問題がある。

したがって、以上の整理した沖積層の密度と ϕ の関係を検証する意味で代表的な材料を採取し、

数種の乾燥密度を設定し、室内で三軸圧縮試験を行った。乾燥密度は、現場密度試験・密度検層結果よりほぼ沖積層の下限値と考えられる 1.5 tf/m^3 から 1.7 、 1.9 tf/m^3 を設定した。

表-5 密度検層結果集計表

ボーリング孔	BR-1			BR-2			BR-3			BR-4			BR-5			BR-6			平均			
	N	ρ_d	e																			
深 度 (m)	10																					
	20	10	1.51	0.60	5	1.52	0.59	5	1.52	0.59	9	1.53	0.58	6	1.59	0.52	5	1.57	0.54	7	1.54	0.57
	30	14	1.51	0.60	6	1.57	0.54	5	1.55	0.56	8	1.57	0.54	6	1.65	0.46	6	1.56	0.55	8	1.57	0.54
	40	22	1.59	0.52	9	1.59	0.52	7	1.56	0.55	13	1.62	0.49	7	1.74	0.38	8	1.61	0.50	11	1.62	0.49
	50	19	1.66	0.45	15	1.71	0.41	10	1.66	0.45	14	1.74	0.38	12	1.78	0.35	7	1.60	0.51	13	1.69	0.43
	60	31	1.71	0.41	22	1.77	0.36	13	1.67	0.44	22	1.76	0.37	13	1.78	0.35	8	1.70	0.42	18	1.73	0.39
	70	16	1.64	0.47	15	1.76	0.37	11	1.63	0.48	11	1.71	0.41	11	1.45	0.45	12	1.66	0.45	13	1.64	0.44
	80	15	1.67	0.44	12	1.63	0.48	11	1.61	0.50	10	1.60	0.51	8	1.45	0.66	7	1.73	0.39	11	1.62	0.50
	90				16	1.76	0.37	8	1.94	0.24	10	1.66	0.45	7	1.47	0.64	8	1.73	0.39	10	1.71	0.42
	100				13	1.64	0.47	41	2.13	0.13	12	1.51	0.60	9	1.72	0.40	23	1.74	0.38	20	1.75	0.40
	110				15	1.88	0.28	33	2.23	0.08	6	1.27	0.90	15	1.93	0.25	13	1.63	0.48	16	1.79	0.40
	120				44	2.13	0.13							21	2.07	0.17	9	1.63	0.48	25	1.94	0.26
	130				32	2.19	0.10							22	2.10	0.15	8	1.76	0.37	21	2.02	0.21
	140													15	2.34	0.03	18	1.80	0.34	17	2.07	0.19
																				15	1.75	0.40

表-6 現場密度と密度検層からの推定値の比較

深 度	テ ス ト ピ ッ ト								テストピット		密度検層平均	
	ρ_d	e	ρ_d	e	ρ_d	e	ρ_d	e	ρ_d	e	ρ_d	e
1.0			(TP-3) 1.67	0.44	(TP-4) 1.61	0.50	(TP-2) 1.51	0.60	1.60	0.51		
2.0											1.54	0.57
3.0					(No.3) 1.52	0.53	(No.6) 1.53	0.50	1.53	0.52	1.57	0.54
4.0	(TP-1) 15.0	0.60	(No.2) 1.60	0.53	(No.5) 1.66	0.50	(No.7) 1.60	0.47	1.59	0.53	1.62	0.49
5.0					(No.1) 1.70	0.44	(No.4) 1.78	0.39	1.74	0.42	1.69	0.43
6.0							(No.8) 1.82	0.35	1.82	0.35	1.73	0.39
7.0											1.64	0.44
8.0											1.62	0.50
9.0							(TP-1)下流 1.97	0.39	1.97	0.39	1.71	0.42
10.0											1.75	0.40
11.0							(TP-2)上流 2.11	0.30	2.11	0.30	1.79	0.40
12.0											1.94	0.26
13.0											2.02	0.21
14.0											2.07	0.19
							平 均		1.77	0.47	1.75	0.40

4-1-2 沖積層のせん断強度

ダム築堤後の沖積層は、盛土荷重により圧密をうけ、自由な排水状態と考えられるため、CD状態に近くせん断強度は有効応力が適当と考えられる。しかし、試験室でのせん断時には、間隙水圧が発生することが予想されることより、三軸試験は間隙水圧を測定し有効応力を求められるCU試験とし、一面せん断は水中での圧密せん断試験とした。

沖積層のせん断強度は、試験密度として乾燥密度1.5、1.7、1.9tf/m³を設定したが、1.5tf/m³ではルーズなため三軸圧縮試験の供試体が自立しなかった。そこで試験は1.7、1.9 tf/m³について三軸圧縮試験(CU)を行い、1.5、1.7、1.9tf/m³の一面せん断試験(CU)結果の傾向より1.5tf/m³の三軸圧縮試験によ

る有効応力 ϕ' を推定した。

三軸圧縮試験、一面せん断試験結果は表-7、-8、図-9に示すとおりである。

まず、一面せん断試験結果の ϕ がほぼ乾燥密度に比例していることより、三軸圧縮試験CU結果の1.9 tf/m³と1.7tf/m³を結ぶ直線上で1.5tf/m³相当の ϕ' を求めると、 $\phi'=36^\circ 30'$ となる。

一方、一面せん断試験結果は、三軸試験結果より大きな値を示す。

そこで、沖積層のせん断強度は、三軸圧縮試験結果の乾燥密度1.5 tf/m³における推定値と一面せん断試験結果に1割程度の安全を見込んだ値を比較し、小さい方の34°とした。

高架橋耐震補強工事における合理的耐震設計について

パブリックコンサルタント(株) 構造部 橋梁課 草 薙 洋 志

1. はじめに

近年、我が国では大規模な地震としては記憶に新しい兵庫県南部地震や北海道における浦河沖をはじめとする、釧路沖・南西沖及び東方沖地震等、橋梁構造物に深刻な被害を及ぼす地震が相次いで発生している。

これらの地震において目立つのがRC橋脚の被害であり、現在急ピッチで耐震補強が進められている。

各研究機関においてRC橋脚の耐震性能に着目した載荷実験を数多く行っているが、これまでに行われた載荷実験において、橋脚の剛性が高い場合に損傷が橋脚柱からフーチングに移行する傾向が認められた。

このことから、既設橋脚の耐震設計を行う際には、橋脚柱自体の耐震性を向上させると同時に、

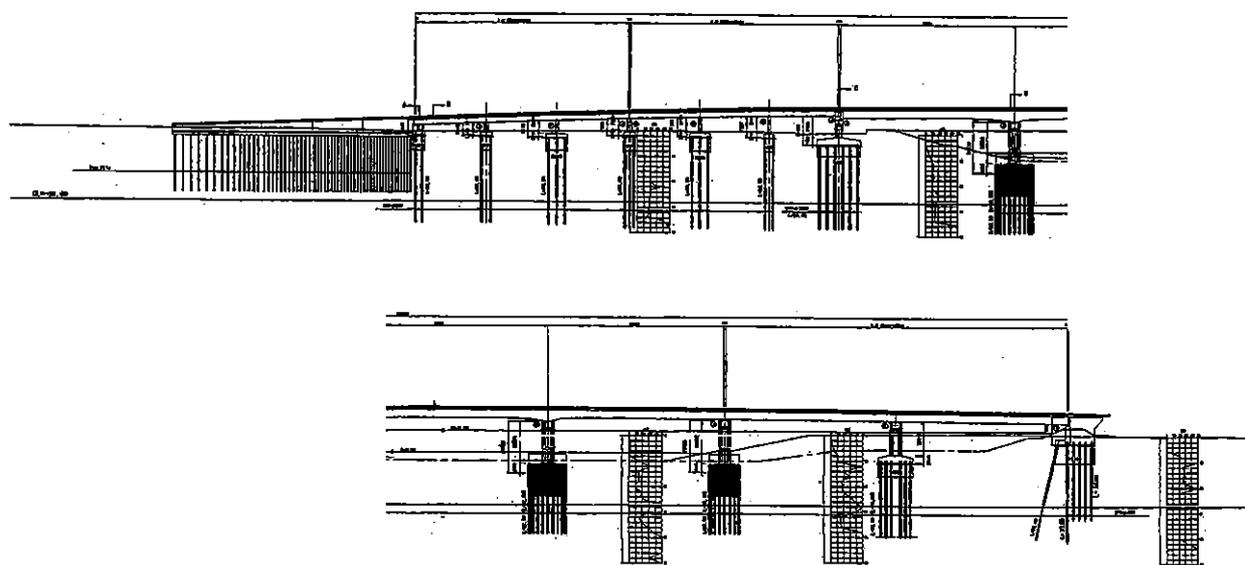
橋梁各部の耐震性のバランスを考慮するため、全体系で取り扱った耐震補強を行うことが重要であると考えられる。

本設計では、合理的な耐震設計を行う試みとして、以下の項目に着目して耐震設計を行った高架橋の例について設計概要を記述する。

- ①堅壁の耐力向上は最小限とする。
- ②主鉄筋段落し部の曲げ耐力を向上させる。
- ③堅壁のじん性を向上させる。

検討を行った高架橋は、JRを跨ぐ橋長650m、橋脚数10基（片車線分）の橋梁である。

本橋梁における橋脚の形態は主鉄筋の段落しを有する長方形断面のRC橋脚であり、本設計は現耐震設計基準を満足するために橋脚の耐震補強を行ったものである。



2. 耐震補強方針

研究機関において実施された、RC橋脚模型に対する静的及び動的载荷実験より、橋脚の耐力を向上させた場合、以下の事が指摘されている。

- ①損傷がフーチング部へ移行する傾向がある。
- ②主鉄筋の段落しを有するRC橋脚では、段落し部において曲げひび割れからせん断ひび割れに移行する脆性的な破壊を起こす可能性が高い。

そこで、本橋梁では大規模地震時における落橋を防止することを大前提に、補強による基礎への影響を極力小さくするために、橋脚の耐力向上を最小限とし、主鉄筋段落し部の曲げ耐力向上及び柱のじん性を向上させ、橋脚の剛性が過度に上がらないように耐震設計を行うものとした。

なお、振動系全体の耐震性を考慮するため、地震時保有水平耐力法（※1）及び非線形動的解析（※2）によって耐震性能評価を行った。

※1；地震時における構造物の塑性域の地震時保

有水平耐力（繰り返し受けた場合に構造部材が発揮し得る水平耐力）や変形性能、エネルギー吸収を考慮して静的に橋梁構造物の耐震性能の照査を行う方法。

※2；地震時における構造物の破壊形態に対応した履歴モデルに対し、実測の地震動の加速波形を基礎地盤から入力した時の応答値により、現実の橋梁構造物の地震に対する挙動を再現して耐力の照査を行う方法。

以下に、本橋梁における代表的な例として、LP5橋脚に関する耐震補強結果について述る。

本橋脚は5.7m×1.0mの長方形断面を有する高さ6.3mの壁式RC橋脚であり、柱基部より2.32m及び4.96mの位置で主鉄筋の段落しを行っている。

断面分割法による本橋脚の補強前の耐力は2,370kN、終局変位は68.2mmとなっており、せん断破壊型の破壊形態を示すものである。

表-1 保有水平耐力照査結果一覧表

破壊形態	タイプⅠ	せん断破壊型	
	タイプⅡ	せん断破壊型	
タイプⅠ	等価重量	W (kN)	3,518
	保有水平耐力	Pa (kN)	2,370
	慣性力	khe・W (kN)	2,533
	判定	out	
タイプⅡ	等価重量	W (kN)	3,518
	保有水平耐力	Pa (kN)	2,370
	慣性力	khe・W (kN)	4,538
	判定	out	

耐震性能を向上させるための補強方法としては、RC巻き立て工法・炭素繊維巻き立て工法・鋼板巻き立て工法などが考えられるが、主鉄筋段落し部の曲げ耐力向上、じん性の向上、せん断耐力の

向上を行うことと、施工性・経済性及び現場状況等より、巻き立て厚30cm、主鉄筋D25 c t c 125のRC巻き立て工法を採用した。

表-2 補強工法比較一覧表

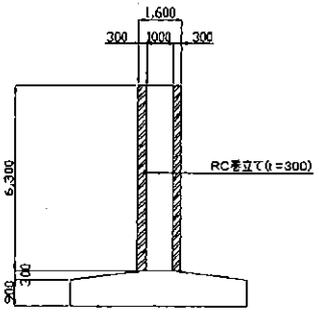
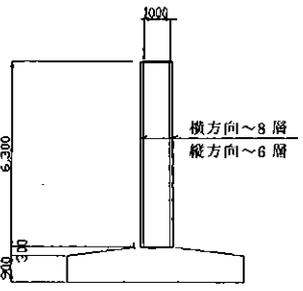
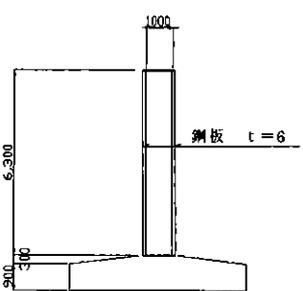
工 法	RC 巻き立て工法	炭素繊維 巻き立て工法	鋼板巻き立て工法
略 図			
構 造 性	◎	○	○
施 工 性	◎	◎	○
経 済 性	◎	△	○
維 持 管 理	◎	○	△
評 価	◎	○	○

図-1 に本設計で補強を行う橋脚の補強概要図を示す。

コンクリート巻立て厚 30 c m、主鉄筋 D 25 c t c 125 の補強断面となっている。

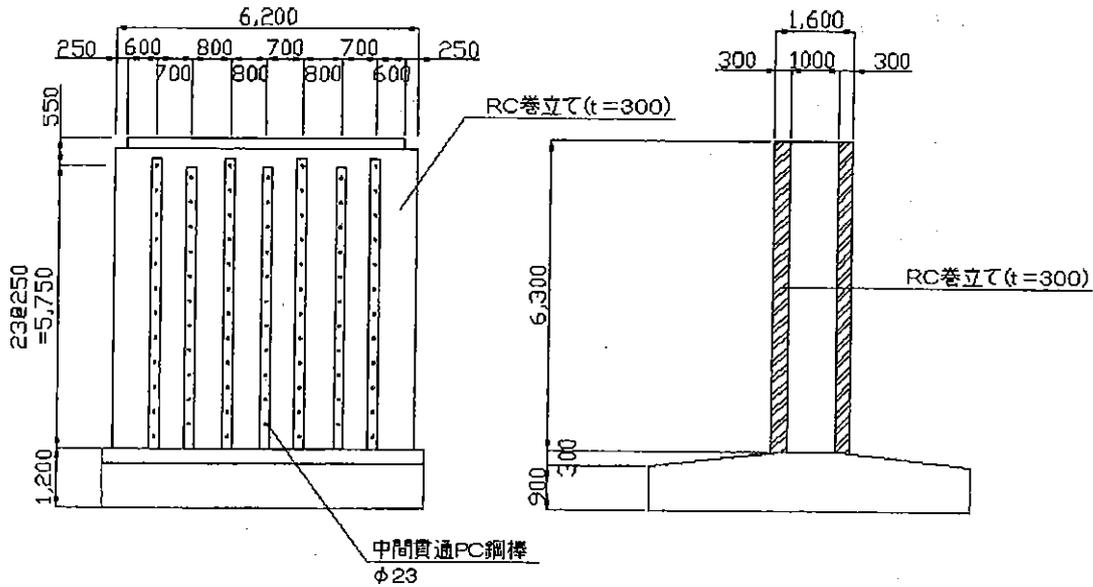


図-1 橋脚補強概要図

なお、フーチングの補強は現場状況（J R境界が近接している等）から難しいと思われることよりフーチングへの影響を極力抑えるために、巻き立て部主鉄筋のフーチングへの定着は行わないものとして設計を行った。

3. 地震時保有水平耐力法による耐震照査

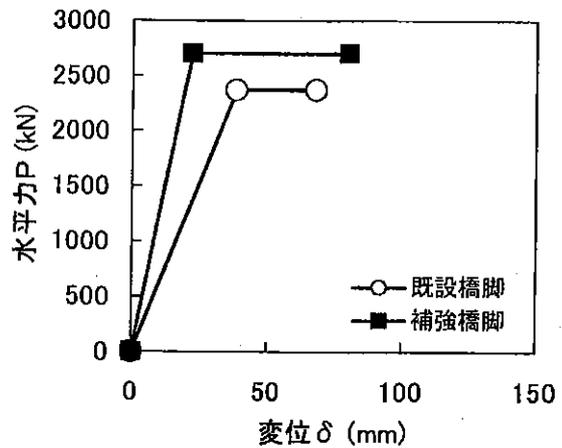
図-2 に、平成8年道路橋示方書に準拠した地震時保有水平耐力法による荷重-変位関係について示す。

図-2 よりタイプ I 地震動作用時、タイプ II 地震動作用時共に、既設橋脚と比較して耐力増加を抑えつつ、変形性能が向上していることがわかる。

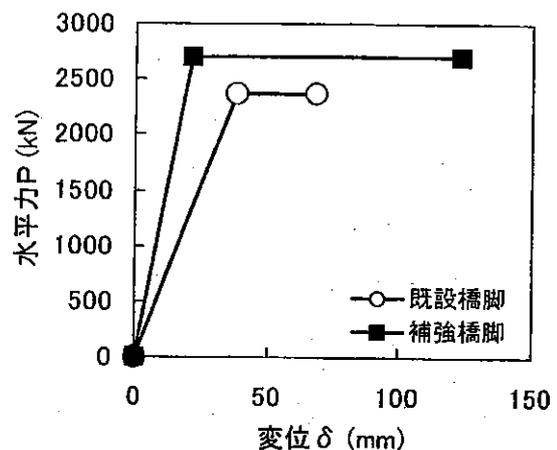
なお、本検討で用いた堅壁の補強断面は、平成8年度道路橋示方書における耐震設計基準を満足しない結果となった。

又、以下の考えにより、これ以上の断面補強は不要と判断した。

- ① フーチングへの鉄筋の定着を行っていないためこれ以上の補強は効果が薄い。
- ② 破壊形態が堅壁段落し部のせん断破壊から堅壁基部の曲げ破壊に移行した。



(a) タイプ I 地震動



(b) タイプ II 地震動

図-2 荷重-変位関係 (計算値)

③せん断耐力に十分余裕が出来た。

次に非線形動的解析による応答値を用いて各部の耐震性能の照査を行った。

4. 非線形動的解析による耐震照査

4-1. 橋脚

非線形動的解析に用いたモデルを図-3に示す。解析方法は、地震による強制振動の運動方程式を直接数値積分して2階の連立微分方程式の解を順次求めていくニューマークβ法を用い、減衰は道路橋示方書V編に従い、ひずみエネルギー比例減

衰とした。

解析対象となるLP5橋脚は、隣接するLP4橋脚と2点固定となっていることから、LP4橋脚、LP5橋脚、及び両橋脚を連結する主桁からなるモデルとした。

同モデルは橋脚躯体を、骨格曲線(トリリニア)で復元力を考慮した武田モデルの非線形要素とした。

地盤バネは杭基礎を考慮した水平バネ、回転バネ、水平-回転連成バネとした。

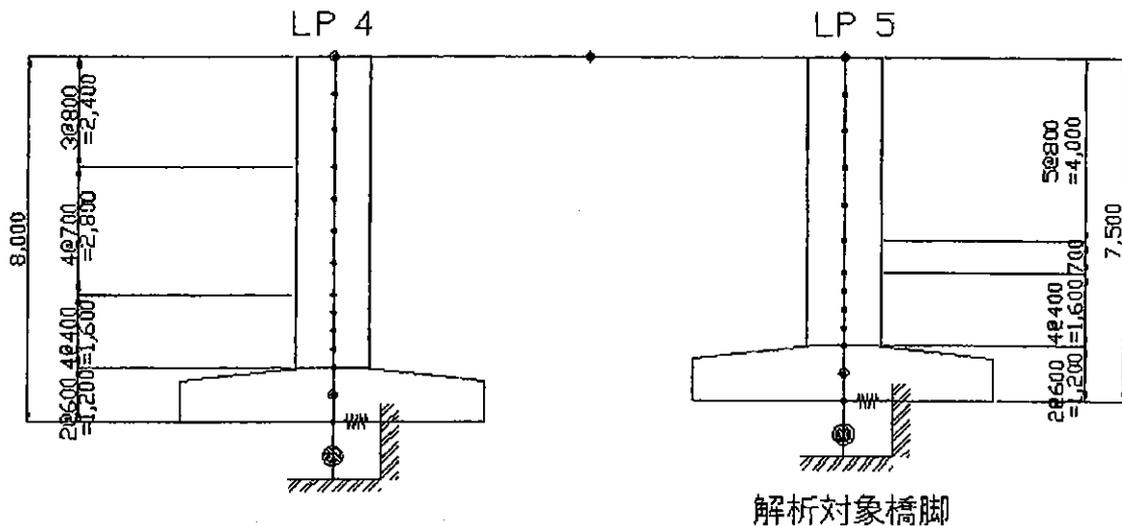


図-3 非線形動的解析 解析モデル

解析結果を表-3にまとめる。表より、最大応答変位、残留変位、最大せん断力、最

大応答曲率ともに許容値内に収まり、耐震性を満足する結果となった。

表-3 非線形動的解析結果(橋軸方向)

	橋軸方向					
	TYPE-I			TYPE-II		
	3波平均 応答値	許容値	判定	3波平均 応答値	許容値	判定
柱頭部最大変位(m)	0.046	0.600	OK	0.08	0.600	OK
柱頭部地盤相対変位(m)	0.042			0.076		
柱頭部残留変位(m)	0.002	0.063	OK	0.015	0.063	OK
脚部最大せん断力(tf)	343.3	1021.2	OK	417	1090.7	OK
脚部最大曲率 $\times 10^{-5}$ (1/m)	436.4	1720.3	3.94	1789.1	2838.4	1.59
脚部最大曲げモーメント(tf·m)	1693.4		(許容値 /応答値)	1734.2		(許容値 /応答値)

4-2. フーチング

設計年度が古い橋梁では、フーチング内の鉄筋量が少なく、橋脚柱と比較して耐力が小さいケースが多く見受けられる。

このような橋脚では耐震補強を行うことによってフーチング部材の耐震性が不足する可能性もあると考えられる。

本橋梁におけるフーチングの耐震照査結果について、表-4に示す。

表-4 フーチング耐震照査結果一覧表

				安全率
曲げモーメントに対する照査	設計曲げモーメントM(kNm)	上側引張	3557	—
		下側引張	8536	—
	降伏曲げモーメントM _y (kNm)	上側引張	3744	1.05
		下側引張	9183	1.08
判定			O.K	
せん断力に対する照査	設計せん断力S(kN)	上側引張	2646	—
		下側引張	6174	—
	せん断耐力P _s (kN)	上側引張	2685	1.01
		下側引張	6448	1.04
判定			O.K	

5. おわりに

本設計では、合理的な耐震設計を行う試みとして、橋脚柱自体の耐震性を向上させると同時に、橋梁各部の耐震性のバランスを考慮するため、全体系で取り扱った耐震補強を行うという設計方針に基づいて高架橋の耐震照査を行い、以下に示す結果が得られた。

- (1) 主鉄筋の段落しを有するRC橋脚の場合、段落しの曲げ耐力の補強を行うことで、じん性能を大きく向上させることが可能であると考えられる。
- (2) 本解析の対象橋脚では、非線形動的解析による応答値を用いた耐震評価の結果、RC巻立て部主鉄筋のフーチングへの定着を行わずに耐震性能を満足する結果が得られた。
- (3) 本解析の対象橋脚では、安全率は大きいもののフーチングの耐震性能を満足する結果が得られた。

しかしながら、設計年度が古い橋梁では、フーチングの耐力が橋脚柱の耐力と比較して小さい

なお、フーチングに作用する外力は、非線形応答解析の応答値を用いた。

解析の結果、フーチングについては既設の断面で耐震性能を満足する結果が得られた。

しかしながら許容値に対する安全率は大きくないことから、橋脚の耐力を更に向上させた場合にはフーチングの耐力が不足し、フーチングの補強が必要になると考えられる。

ケースが見受けられ、又、橋脚柱は主鉄筋の段落としが多く、その殆どが曲げひび割れからせん断ひび割れに移行する脆性的な破壊を起こすものと想定される。

このような橋脚では耐震補強を行うことによってフーチング部材の耐力性が不足する可能性もあるため、橋脚柱とフーチングとの剛性のバランスが重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 北海道開発局 建設部道路維持課
：道路橋の点検および補修・補強設計施工要領(案), 平成10年10月
- 2) 日本道路協会
：道路橋示方書・同解説(V耐震設計編), 平成8年12月
- 3) 日本道路協会
：道路橋の耐震設計に関する資料, 平成9年3月

泥炭地域における農地防災事業について

(株) 不二陸水工研 桑 原 良 範
森 賀 良 樹
三 浦 義 貞

1. まえがき

北海道は明治維新以前までは、通称「蝦夷」と呼ばれていた。国語辞典によると、古く関東以北に住み、時の為政者から異民族視されていた先住民族「北海道・サハリン・千島列島」などを総称した古い呼び方とある。

蝦夷地初期の藩主松前藩は、15世紀半ばの頃に本州東北地方の豪族安東氏配下の小豪族が「館」を築いて住み、アイヌの人びとの交流が盛んになった頃より歴史にも記録されるようになったようである。その後、江戸幕府時代になってから松前藩による商場知行制、シャクシャインの戦いなどの時代を経て、明治維新から本格的な開拓が始まり、開拓使、屯田兵、殖民区画制、殖拓計画、戦後緊急開拓、北海道総合開発、現在へと続いて来ている。

北海道の農地資源には、火山灰地、泥炭地など

の特殊土壌地帯が多く、全農地適地 330 万 ha の約 85 パーセントを占め、過湿で地温が低く、冷湿害、氾濫頻度の高い脆弱さを有している。特に各河川流域平野の低地には約 24 万 ha の泥炭地が分布し、開拓初期の開墾技術では困難を極めた土地でもあり、本格的に開発が進められたのは、戦後の緊急開拓から北海道総合開発の国策による機械開墾が可能になってからである。主な事業に篠津、美唄原野の開発、根釧原野の開発、サロベツ原野の開発などなどで、泥炭地耕地面積は、先行的開墾農地も含めて約 10 万 ha にも及び北海道における農業、農村の国土環境として立派にその役割を担っているのである。

しかし、泥炭地開墾農地の歴史は浅く、維持保全等の熟成度も低いため泥炭地特有の進行性の障害が見られるようになっている。

泥炭地の理化学的特性には、その生成過程要因

表 1-1 北海道の泥炭地及び泥炭質耕地面積

支庁名	種類別	低位泥炭地 (ha)	中間泥炭地 (ha)	高位泥炭地 (ha)	総面積 (ha)	耕地面積 (ha)	うち畑 (ha)
渡島	島	3,960	366	933	4,725	1,306	496
檜	山	—	—	—	—	1,882	—
後志	志	1,350	—	11	1,361	1,246	167
胆振	振	831	—	—	831	15	—
日高	高	2,130	—	—	2,130	2,053	1,586
石狩	狩	14,600	1,390	12,400	28,390	13,501	621
空知	知	15,800	280	12,900	28,980	24,590	10
上川	川	9,540	997	275	10,812	8,301	860
留萌	萌	10,400	4,130	878	15,408	6,090	6,090
宗谷	谷	23,200	6,650	2,300	32,150	16,300	16,300
網走	走	14,800	225	—	15,025	6,609	5,554
十勝	勝	12,700	—	—	12,700	9,039	7,800
釧路	路	52,100	1,810	823	54,733	2,772	2,772
根室	室	29,500	3,060	1,250	33,810	3,647	3,647
計		190,911	18,908	31,236	241,055	97,351	45,903

北海道の土壌 (1985) 北海道農業試験場

により有機質で容積重は軽く、含水比は115～1290パーセントにも及び乾燥収縮、吸水膨張性の非常に高い腐植が進むと減量する強熱減量の大きい物性を示し、土質学的にも土木工学的にも非常に扱いの難しい分類にある。地質学的には、第四紀の沖積層に属し、沼地等の湿地植生が枯死堆積したもので過湿地帯の状況が多く、農地排水条件下でも乾燥収縮、腐植減量が進行し、加えて上載荷重増加に伴う脱水圧縮などにより、地盤沈下の大きな要因を内包している。更には、生成植生であるアカエゾマツ、ヤチダモ、ハンノキなどの大きな残根が地盤沈下による地表面への露出、極端な凹凸の不等沈下と地下水位の上昇、冠水災害頻度の増加等で大きな耕作障害を発生させるのである。

泥炭地原野の農地造成技術の基本は、抜排根雑

物除去、整地均平、排水改良、土壌改良等であるが排水改良は特に重要な条件である。泥炭地の特性から造成基盤及び土壌が安定するまでには相当の沈下量が予想されるが、複雑な生成過程のなかで面的な広さ、堆積深さ、その下位の地質条件などで物性の異なる条件も多く、更には残根等埋木

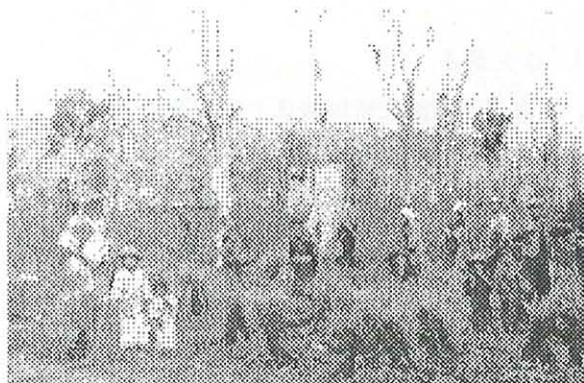


写真1-1 初期の頃の開墾風景 頓別町町史より

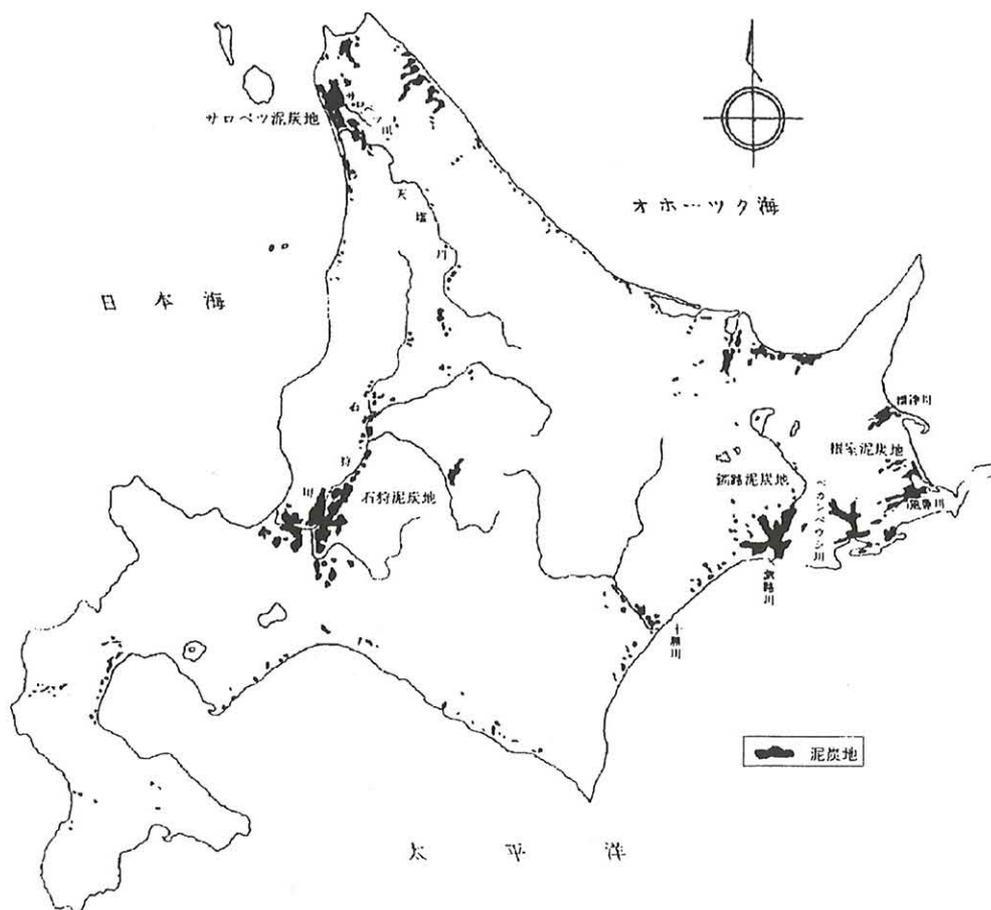


図1-1 北海道泥炭分布図

の影響などで絶対的な沈下量を反映させることは困難であり時間とコストを要する経験工学的な問題でもあった。

造成後の泥炭地域の農地は、農地としての熟成度を増すにつれ地盤沈下も増加し、埋木露頭、不等沈下、排水施設等の機能障害、冠水災害頻度の増加などが通常営農管理の限界を超えて問題が発生するようになってきている。

北海道総合開発計画の一環として進められて来た国営農用地開発事業も「土地改良法」に基づくものである。その中には「総合農地防災」事業も柱の中心にあり、自然的要因により地盤沈下から発生した農用地等の機能障害を回復させることは、防災的な概念に類すると考えられていたが、制度の中には法体系的に該当令文はなく、関係者一丸の努力により平成4年度に「北海道の泥炭地において地盤が沈下し機能が低下している農業施設、農用地に対して機能回復のための事業を実施する。」との制度の拡充が行われて今日にいたり、先進的事業から後継事業へ発展的経過をたどって

る。その技術的対策については、広範な泥炭地域に点在する対象地区は、それぞれの地域特性があるため、その基本的考え方にも地域に即応した技術論が研究されているところである。その一側面ではあるがこれよりその要点を記述するものである。

2. 泥炭地域農地機能保全事業の概念

農地機能保全事業は、農地及び農業用施設の造成後、泥炭に起因する地盤沈下により過湿・湛水被害及び不等沈下などの機能障害を対象とするのである。

泥炭土の特質から生じる沈下は、排水施設整備後、時間経過に累積されて増加し、やがて終末的現象へと経過する。それらに伴う機能障害の解消と保全は、排水路と農地の比高差を確保し、不等沈下施設等の整正を行うことが基本的な技術的対策である。

以上のことがらを概念図で表現すると図2-1、2-2のようになる。

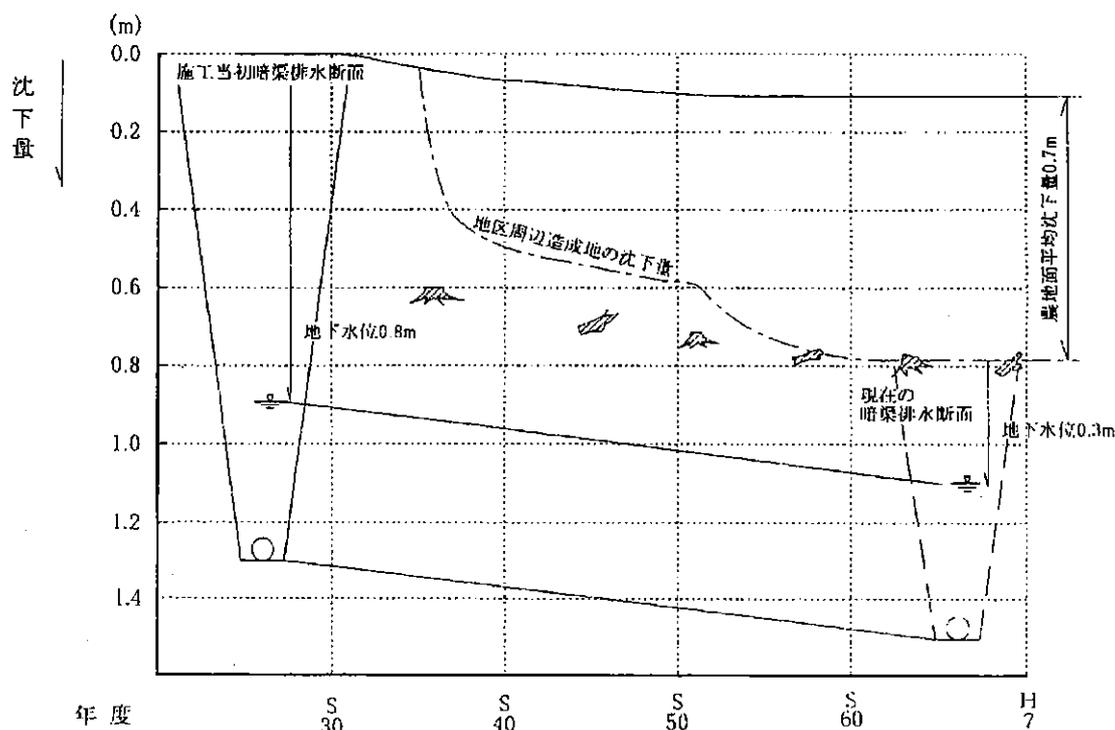


図2-1 地盤沈下状況の概念図

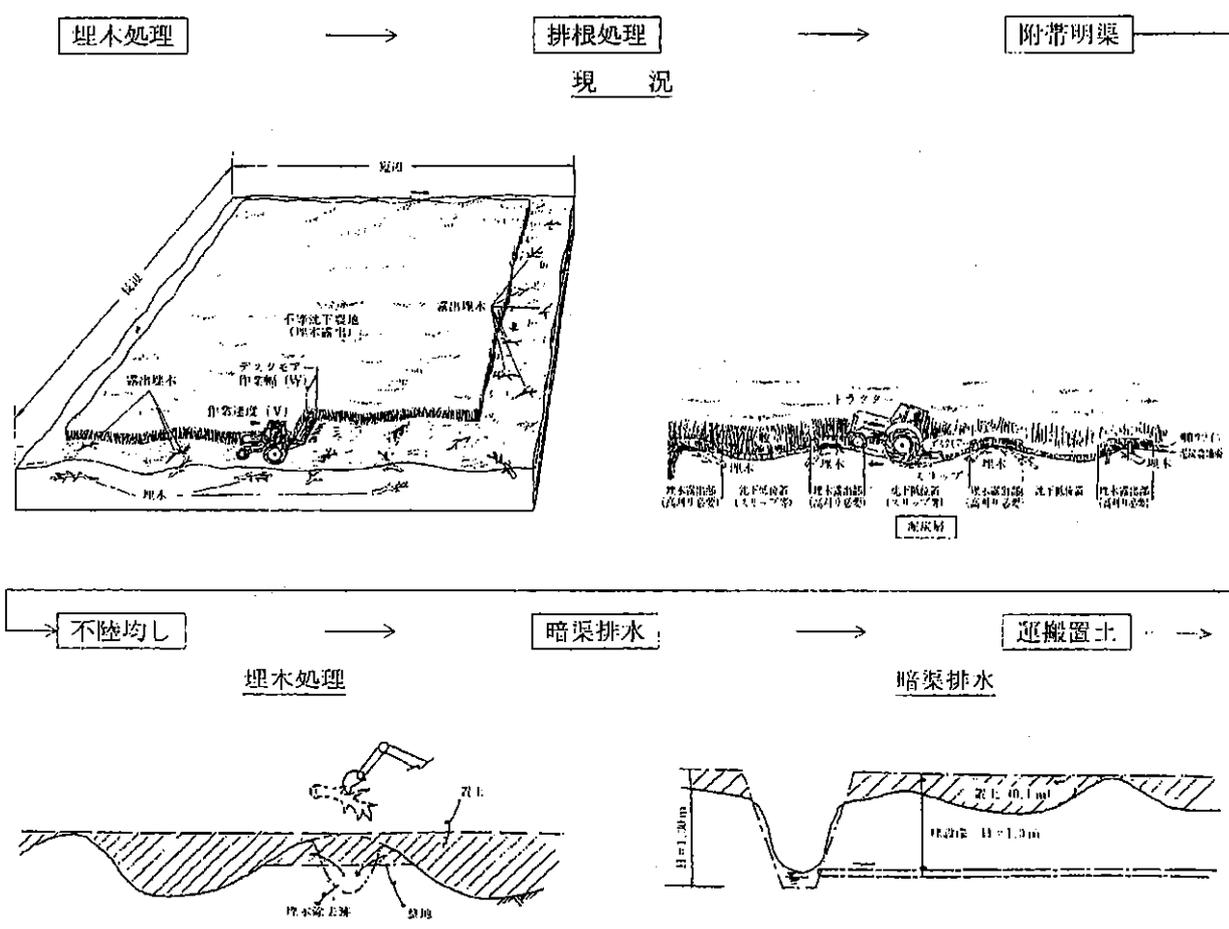


図 2-2 機能障害解消と保全の概念図

3. 泥炭地盤沈下量の算定

北海道の泥炭土の研究は、軟弱地盤対策の土質工学的研究と農地造成を主体とする土壌学的研究に大別することができる。農地の沈下問題は、上記双方の複合工学とも考えられるが、農地防災の概念からすると沈下量の算定問題が大きなウエイトを占めている。

土質工学的な研究には、北海道開発局時代に引き継いで独立行政法人、北海道開発土木研究所が土壌学的研究を含めて総合的に研究が継続されている。昭和 63 年 10 月には「泥炭性軟弱地盤対策工指針」（以下指針法という）が刊行され、わが国の泥炭に関する工学的研究の中核的存在となって、対策事業の技術指針になっている。

指針法にある沈下量の算定は、北海道における泥炭性軟弱地盤対策を要する広範な地域より、関

連する膨大な資料の試験と実験データを基に統計的、類型的な評価を基に集大成されたもので、「沈下量の概略的把握」と表示されて、現場沈下試験と整合性を図ることも可能な実験式が提案されている。Wn と平均体積圧縮係数mv との相関より求めた

$S = mv \cdot \Delta P \cdot H$ …………… (3-1) 式と Wn に対応した圧密応力 P (kgf/cm²) と間隙比 e の対数相関より求める

$$S = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} H \dots\dots\dots (3-3) \text{ 式が}$$

基本になっている。また、沈下経時変化の問題になると、圧密試験結果の整理の問題として初期圧密の一次圧密曲線と二次圧密領域との関係で、土質工学上の一般的領域とに不整合が多く見られる

が、それらの研究を含めた泥炭地盤の沈下予測に「能登繁幸」の提案式が知られているところである。また、農地工学、土壌工学的な研究の中では「梅田安治、神谷光彦」の泥炭の構成植物と沈下特性などの提案がなされていることも知られている。

以上のような状況のなかで、農地機能保全事業の置土量の算定は、施工計画に必要な最終沈下量を求めることにあり、その対象範囲は面的広がり数が数十haオーダーのものが通例で、対象とする地盤の物性値も多岐にわたり、調査、計画、施工管理に時間とコストの節減も重要なテーマになる。そのため、比較的容易に求めることの出来る物性値と圧密特性の相関より、簡便な地域特性を把握し、沈下量の算定を検討することが一般的である。

4. 農地防災事業における事例

(1) 先発的地区における実績

農地造成時点の圃場面標高から、農地防災事業計画時点の標高との差を求め、これを参考として数値化を図り、機能保全事業施工計画に当たっての、置土量等をもとめている。

(2) 現場沈下試験による沈下量算定法その1

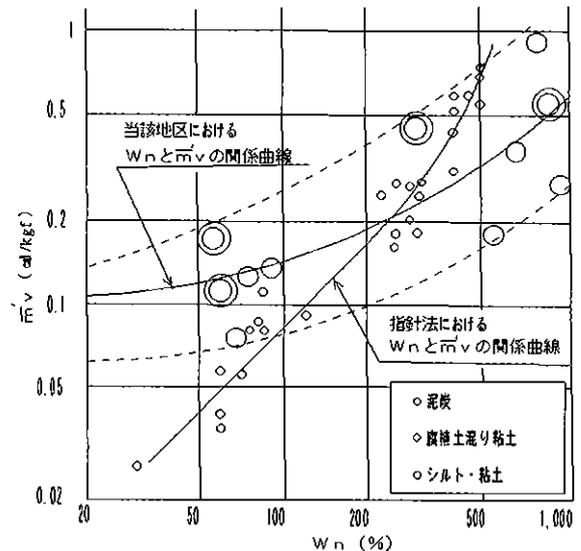
1) m v 法について

泥炭性軟弱地盤における沈下予測には、前記の指針法が採用されているケースが多い。その中にはm v 法とe₀法が知られている。この事例では、現場沈下試験及びそれに関連するデータ数が直接的なものと同接他事業でのデータ数に恵まれ、地域特性としてのm v 値の検討が比較的容易と判断できたので図4-1、4-2にその手順と要点をフローチャートに示すものである。

2) 圧密係数m v の検証

指針法の算定基本式中の含水比W_nと平均体積圧縮係数 $\bar{m}'v$ の試験値に、当該地区のデータと地区内近傍他事業類似データを合せて指針法のデータにのせて相関を求め、図4-3のとおり地域特性 $\bar{m}'v$ の把握を行った。

図4-3 相関グラフ



$$\text{相関式 } y = 0.1066 + 0.000507129 X$$

y : 当該地区平均体積圧縮係数 $\bar{m}'v$

表4-1 含水比W_nと平均堆積圧縮係数m v

土質名 (資料No.)	平均体積 圧縮係数 mv (cm/kgf)	含水比 W _n (%)
H10泥炭(T-1)	0.532	885.83
H10腐食土(T-2)	0.451	320.91
天塩バ泥炭(S-1-1)	0.191	548.80
天塩バ泥炭(S-2-1)	0.991	811.20
天塩バ泥炭(B-3-1)	0.360	673.10
天塩バ泥炭(I-1)	0.300	916.80
H10シルト(T-3)	0.184	55.10
H12粘土(T-3)	0.118	59.42
天塩バ粘土(S-1-1)	0.080	69.30
天塩バ粘土(S-2-2)	0.118	73.20
天塩バ粘土(S-3-2)	0.132	91.60

近傍他事業類似の軟弱地盤調査資料

単位は文献資料との整合性から重力単位表示

※上記図4-3、表-1の単位について

[1 kN/m² = 0.0102 kgf/cm²] で換算

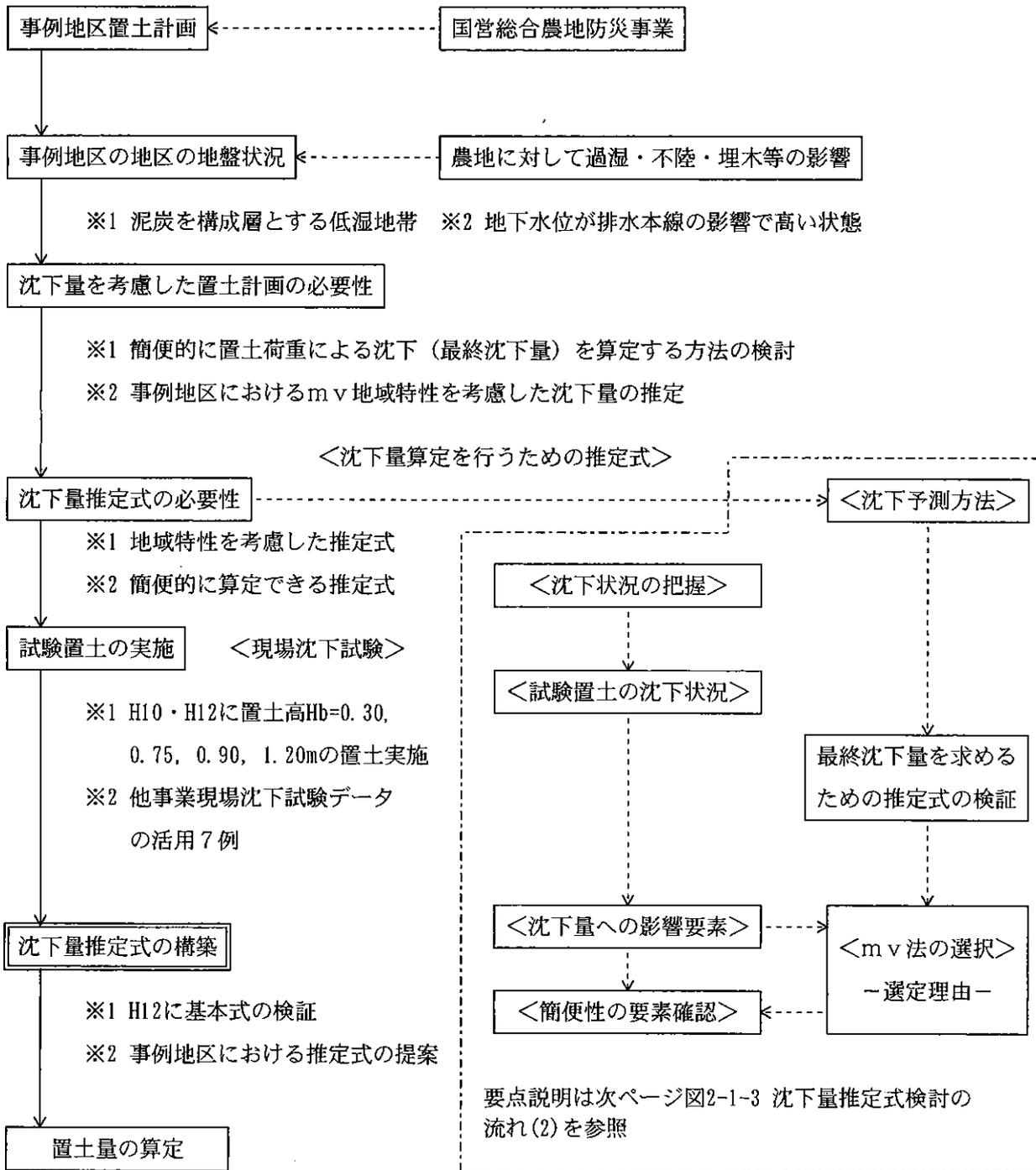


図4-1 沈下量推定式検討の流れ(1)

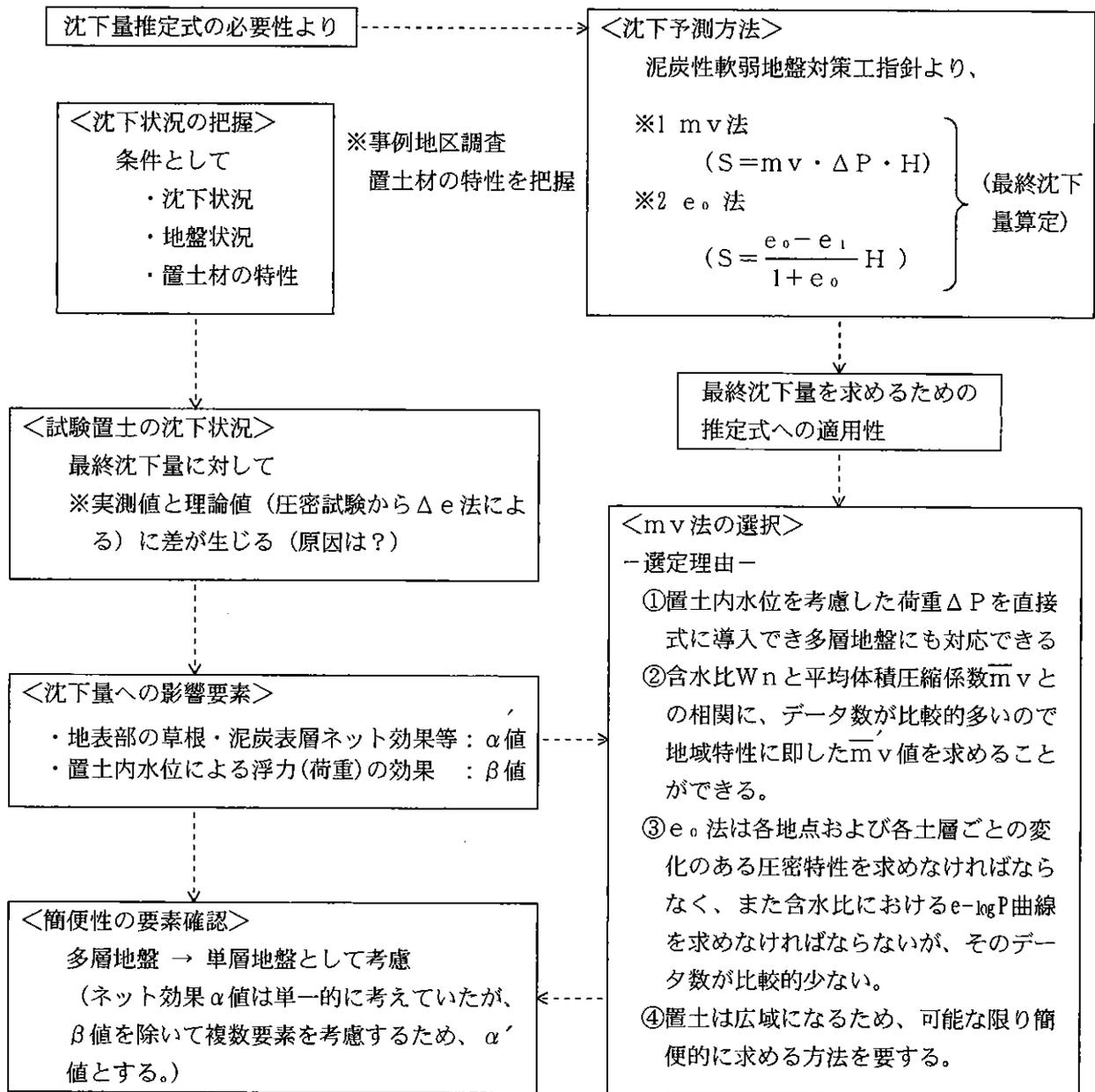


図 4-2 沈下量推定式検討の流れ (2)

3) 補正係数の検討

置土荷重増加による沈下量の数値には、現場沈下試験とそれらに関連する圧密試験を含めた室内試験データを基に判定する場合、①実測値②指針法による概略的把握(以下簡便法という)の $m v$ 法と $e。$ 法、③圧密試験データによる理論式の $m v$ 法と Δe 法が考えられる。それらの数値を対比してみると、実測値に近似するのは現場特性により差異が認められるのが一般的であ

る。当該地区においても荷重条件、被沈下層荷重条件等を変えた試験結果には、それぞれの条件下に差異が認められている。概定目安として、③の理論値 Δe 法の計算値と実測値との差を示す比(仮に $\alpha。$ とする)が荷重条件の小から大へ向かって 0.63 ~ 1.13 範囲の対比率になっている。この対比率については、必然的に当該地区の現場特性把握により適切として考えられた指針法の概略的把握 $m v$ 法に基づく現場修正 $m v$ 法

においても差違が見られることになり、その補正係数について以降のように α' と β に条件区分をして求めている。

ア) 浮力要素係数 β 値

当該置土沈下試験において、置土内に地下水位が上昇し、中心部付近を頂点に周辺部で現地盤地下水位となって、沈下量の分布も浮力要素が影響していることが確認されたので、荷重強度の限界内において、置土内の地下水位浮力による荷重低減を浮力要素係数 β 値としている。

$$\beta = 1 - \frac{(H_b - W_h)}{H_b \cdot \gamma_t} \cdot \gamma_w$$

β : 浮力要素係数

H_b : 置土厚 (m)

W_h : 地下水位深 (m)

γ_t : 置土材の単位体積重量 (kN/m^3)

γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m^3)

イ) ネット係数等 α' 値

泥炭層を主体とする軟弱地盤での圧密沈下量は、比較的泥炭構成植物の種類や分解度により繊維的な絡み効果などの影響を受け、難しい問題であることが広く知られている。これらの要

素は、厳密には圧密試験の平均圧縮指数 \bar{m}_v 及び Δe にも含まれているが、試験に反映されない①新しい植生根の絡み、農業機械等の過圧密領域要素などが考えられる。②当該地区においては、更に泥炭層とその下位の軟弱なシルト層界に、沈下板を設置して沈下量を分離計測の結果、全沈下量 35.5 cm に対してシルト層で 8.1 cm の 22.8% を占めていることが認められた。

また、③当該地区全域を対象として考える時、被圧密層のとらえ方が多層地盤を考慮するとすれば、膨大な計算要素になるため単層化扱いとした簡便化をはかり、多層中の含水比 W_n も適切に平均定数化した簡便式を提案している。

以上のような要素を含む沈下実績値と前項で設定した β 値を除いた計算値の差を α' 値として提案され次のように

$$S' = \alpha' \cdot \bar{m}'_v \cdot \Delta P' \cdot H \dots\dots\dots$$

当該地区置土荷重沈下量計算式

$$\alpha' = \frac{S'}{\bar{m}'_v \cdot H \cdot \Delta P'}$$

の関係式から

荷重 P' と α' 値の関係を図4-4に整理されている。

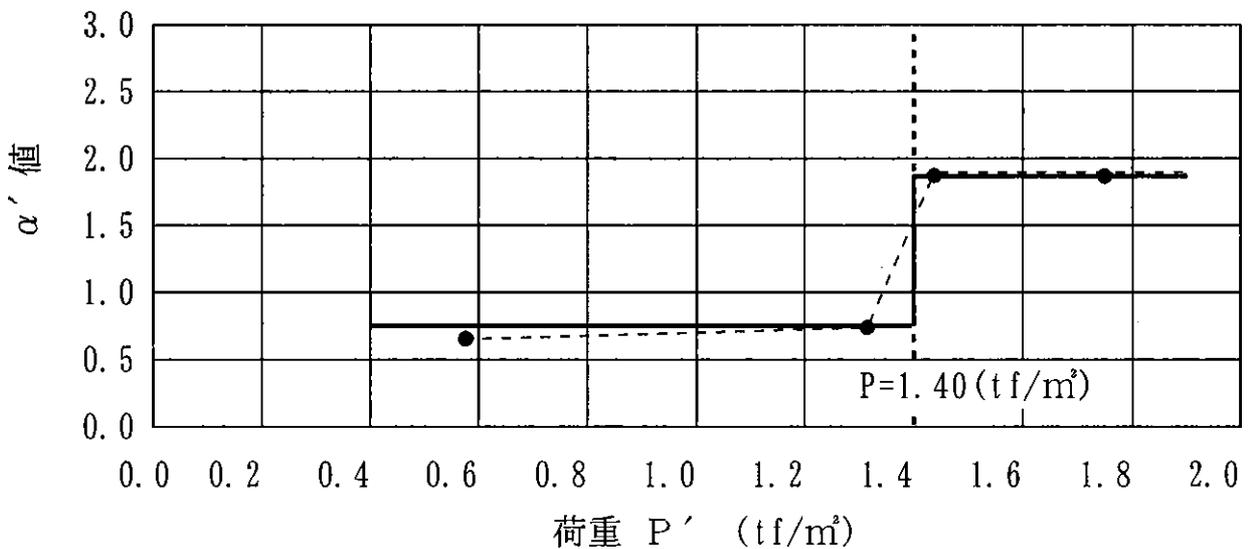


図4-4 荷重 P' と α' 値の関係図

※ 単位について [$1 \text{ kN}/\text{m}^2 = 0.0102 \text{ kgf}/\text{cm}^2$] で換算

4) 当該地区置土荷重沈下量計算式

$$S' = \alpha' \cdot m' \cdot v \cdot \Delta P' \cdot H$$

S' = 当該地区置土荷重計算沈下量

α' = 圧密試験非含有現場沈下要素

$m'v$ = 地域特性修正平均体積圧縮係数

H = 被沈下泥炭層厚

※ S' と α' の変数がある場合 α' は図 4-4 より読みとる。但し、 $P = 1.40$ (tf/m^2) 附近の傾斜部分は当面データが少ないので垂直折線に修正して使用しても影響は少ない。

5) 保全置土量

実施計画に当たっては、計画圃場高確保に必要な置土厚と、置土荷重による沈下量増分余盛り量を求める必要がある。これは、置土による沈下分を追加して計画高を確保するためである。

この余盛り量は、沈下量計算を繰り返し行い、計画圃場面高と等しくなるところで求められる。事例では 3～6 回程度で終息する。したがって、計画圃場面確保に必要な置土厚に、この余盛り

厚を加えた保全置土厚を求めて面積を乗じ保全置土量とする。

(3) 所定圧密試験による沈下量算定法その 2

1) e_0 法について

この当該地区は、圃場に分布する被圧密軟弱層の適当なバラツキのある圧密試験データをもとに、指針法の「自然含水比における $e \sim \log P$ 曲線図」及び「自然含水比 W_n と強熱減量 L_i との関係図」等の物理性関係図に対比プロット図を作成し、その分布範囲と曲線が指針法とのデータに相似性と類似性が認められ、更に現場沈下試験値においても Δe 理論式の計算とも近似していることから、指針法に基づく e_0 法が採用されている。

2) 補正係数について

補正係数の要素は前項 (2) .3) と同じことになるが、被圧密層の層状と境界条件及び厚さ、物理性などが他地区とは異なり、この現場の特性を把握しなければならない。その確認として、上記の現場置土沈下試験を置土高 1.0 m と 0.3 m

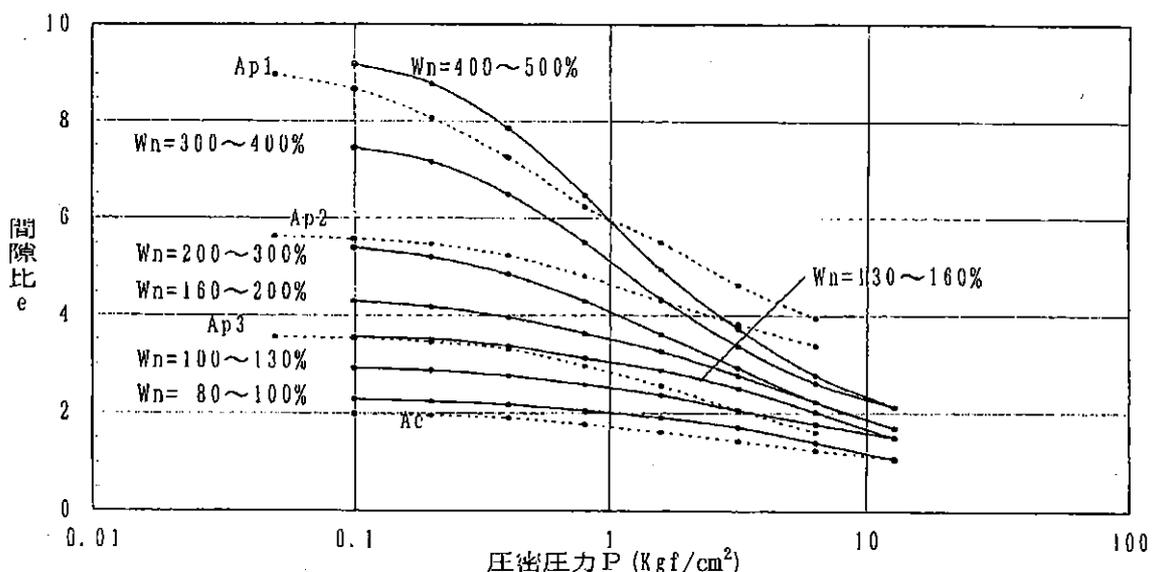


図 4-5 e-log P 曲線

- — 指針法のデータ
- - - 地区の実測値データ

※ 単位について [$1 \text{ kN}/\text{m}^2 = 0.0102 \text{ kgf}/\text{cm}^2$] で換算

の2箇所を行っている。実測値の結果前者は補正を要する大きな差は認められないが、0.3 m箇所では表層附近のネット要素等の影響が考えられたが、表土扱い等の工法採用計画でもあることから、前者と同じ扱いとして補正は行わない現場特性で整理されている。

3) 適合性について

当該地区全域を対象とした被圧密層のとりえ方について、多層地盤を考慮するとすれば膨大な計算要素になることは、mv法の項とも同じであり（補正係数のない部分若干少な目になることが考えられる）出来る限り単層化扱いにして簡便化し、多層中の含水比 W_n 等を平均定数とした簡便式で扱うことが時間と計画コストの軽減になる。

しかし、置土量の計算に当っては、対象になる圃場の典型的、代表的被圧密層の含水比 W_n を含めた所定の物理試験値を基に、指針法の沈下量概略的の把握との適合性を判断することが必要で図4-6の通り確認の1例を示している。

5. 置土量の算定

置土工事実施に当たっての必要置土量の算定は、不等沈下の不陸補正のため、部分的に発生する切土を含め、測量精度に即したメッシュ法プログラムにより算定を行うと便利である。

この時の置土量算定に用いる計画圃場面設定の概念は、図5-1の通りに示すことが出来る。

メッシュ法は、圃場に設定した格子点の座標によるX・Y値と入力された地盤高・計画高のZ値を入力することで、所要の数値表現ができるため、現況斜度の算出から計画圃場面の形の決定、土量計算、運土計算まで可能であり、また、設計に用いた各種データが保存されるので、多数回のトライアルとこれを用いた比較検討が可能となり、自由な設計環境が保持される。

計算書、計画図の作成も保存データを用い、プリンタ、プロッタにより、正確・高速に行うことができる。

デジタル値を用いたメッシュ法ではアナログ法（連続量）に比して、メッシュ内の小さな変化への対応が出来ない部分が生じるが、これは各種

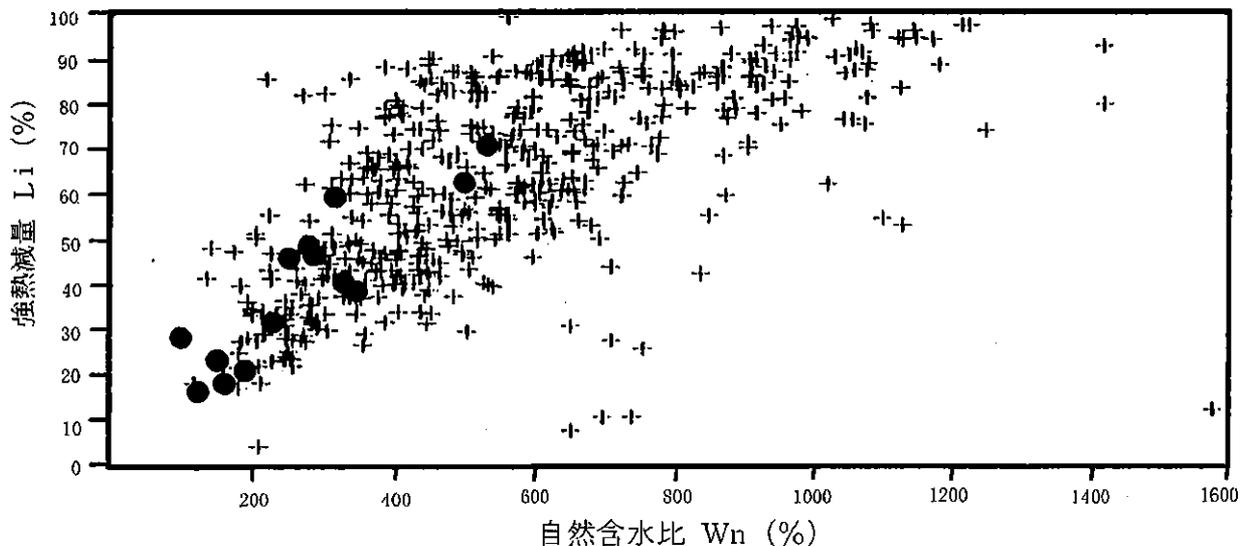


図4-6 自然含水比と強熱減量 関係グラフ

+ 指針法のデータ
● 地区実測値データ

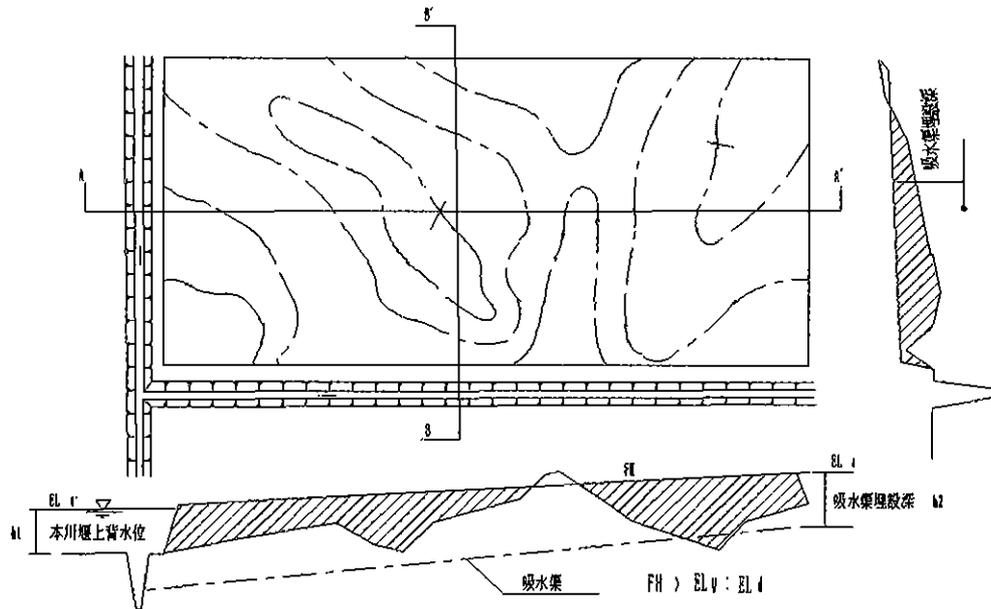


図 5-1 計画圃場面設定の概念図

の補間法を用いることで対処することが可能である。アウトプット成果としては、つぎのものが可能である。

①プリンタによる

造成区域図、作付け区域図、面積算定書（造成面積、作付け面積）、土工計画書、土積計算書、運土計算書、法面積計算書

②AutoCADファイルによる

計画コンター図、土工計画図（デジタルマップ）、運土計画図など。

6. 終わりに

農地防災事業の置土工軟弱泥炭層について、最終沈下量算定法の事例を記述してきたが泥炭及びその層の構成は、地域によって異なり、ここでの検討が指針とはならないが、沈下量算定に当たっての一助になれば幸いである。

報 文 集 第15号

平成 15 年 6 月 16 日

編 集 (株)北海道土地改良設計技術協会内

広報部会 葛西 勤・池内國夫・立花松夫・今野直三・小林清勝
高田邦彦・村上正俊・太田 敬・菅原雅子

発 行 (株)北海道土地改良設計技術協会

〒 060 - 0807 札幌市北区北 7 条西 6 丁目 ND ビル 8 階

電 話 (011)726 - 6038 FAX (011)717 - 6111

印刷 (株)だいしょう 電話 (011)772 - 1111



●表紙写真●

第16回 北海道開発局農業水産部・(社)北海道土地改良設計技術協会 共催
写真展 入賞作品

「めぐみの滝」

—森町—

山本 正人氏 作品

A E C A HOKKAIDO
Agricultural Engineering Consultants Association