

肝属川水系地下水の汚染と流動機構に関する一考察

大隅河川国道事務所 調査第一課 師岡 文恵

1、はじめに

肝属川水系の地下水は、しらす土壌の水文地質特性と畜産排水の農地散布や素掘処理等により汚染が進んでいると言われている。昭和45年頃からの鹿児島県による畜産の育成と共に、牛・豚・鶏等の飼養頭数が増加傾向にあり、「かごしま黒豚」ブランドは全国的にも有名になった。さらに多施肥を伴うお茶栽培の拡大等の畜産・農業構造の変化も、地下水中の硝酸性窒素濃度の上昇など水質汚濁化に影響を与えていると推測される。

現在、肝属川流域では生活用水・飲料水の大部分を地下水に依存している。近年、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素が環境基準値の10mg/lを超える井戸もあり、地下水保全への取り組みが急務となっている。そこで、流域水環境の汚染源による窒素負荷量調査を行い、地質層序や地層の水理性状、地下水コンター図を地下水質の測定結果と照らし合わせて、地下水流動機構を推定し、地下水汚染影響範囲の検討を行う。また、このまま何も対策を講じなければ、将来どのように地下水汚染が広がるかという将来汚染予測を行った。

2、流域水環境の汚染状況と汚染源による窒素負荷量

2.1、肝属川水系の水循環 - 水環境状況の把握

河川水質の硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) は、昭和50年代半ばまでの高濃度時期以降に低下したものの昭和60年代以降再び漸次上昇傾向にある。

湧水の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度については、笠野原台地西部の肝属川上流左岸沿いが高く、環境基準値の10mg/Lを超えている所もある。北部～西部では串良川上流右岸沿いで5mg/Lを超える高い濃度を示している。南部では中山川中流で10mg/L程度を示す所がみられ、中山川上流は4～7mg/Lを示したのに対して中山川下流はこれよりやや低い濃度を示している(図-1参照)。

地下水については、肝属川中流で8mg/Lならびに肝属川下流(台地南部)で6mg/L、串良川中流(台地南部)で5mg/Lと高い濃度を示している。



図 - 1 硝酸性窒素濃度の分布

2.2. 汚染源による窒素負荷量算定

本調査対象域においては、農業・畜産の産業構造(生産過程)による水環境への影響に注目し、農業系と畜産系について窒素発生負荷量を算定した。農業系は昭和50(1975)年から時代とともに窒素負荷量が減少し、今後は現在のまま $250(\times 10^3\text{kg}/\text{年})$ 程度で推移するものと予測された。一方畜産系は、時代とともに窒素負荷量が増加傾向にあり、2030年頃には $4100(\times 10^3\text{kg}/\text{年})$ 程度まで増大するものと予測された。このように、肝属川流域の窒素負荷は、畜産系からの割合が高く、将来も増加の傾向にあることが伺えた。

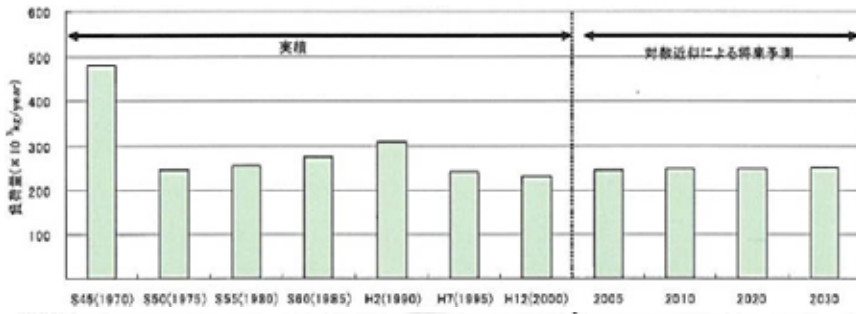


図 - 2
農業系による
窒素負荷量予測

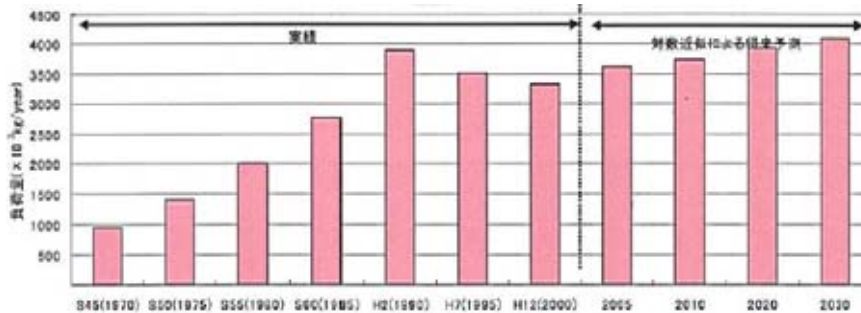


図 - 3
畜産系による
窒素負荷量予測

3. 地下水流動機構

3.1. 地質層序や地層の水理性状

地質をみると、肝属川流域は四万十層および花崗岩類を基盤とし、しらす(入戸火砕流堆積物)をはじめとする火山砂屑岩類に厚く覆われている。また、河川沿いには段丘堆積物や現河床堆積物などが分布している。浸透性の高いしらす台地は北西から南東に向かって傾斜している。この台地の西縁～南縁を肝属川が、北縁～東縁を串良川が流れており、これら両河川沿いにしらす台地を流下してきた地下水が湧水する地点が散在する。

肝属川流域における帯水層は、次のように区分される。なお、台地表面上に分布する二次しらすや新期ローム中にも地下水が賦存している場合も想定されるが、それらは宙水的なものと考えられる。

大隅降下軽石・垂水砂礫層 第1帯水層

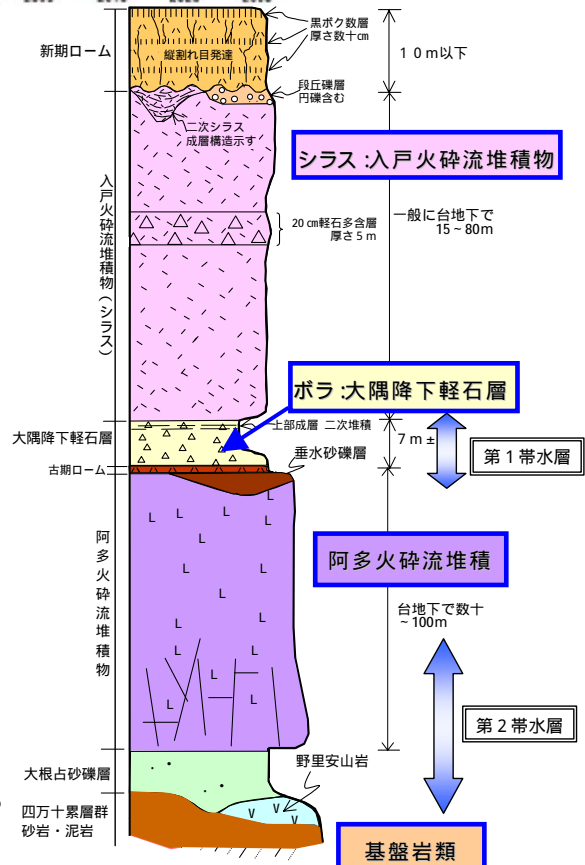


図 - 4 地質層序と帯水層区分

3.2. 地下水流動機構検討

まず笠野原台地周辺における現況での地下水位観測データ、既存資料による水位標高に現地調査結果を加味して、想定地下水コンターを作成した。台地辺の大隅降下軽石層に帯水する第1地下水の上面は、台地面の傾斜に則した形状をなして、笠野原台地では北から南に向かって傾斜している。その勾配は現地地形面より緩い。すなわち、台地北側ほど地表面からの地下水面深度が深く南(肝属川本川)側ほど浅くなっている。また、西部での地下水面の形状は西から東へ、南部では南から北へ緩く傾斜しているようである。



図 - 5 肝属川水系における地下水の平面的流れ

さらに地下水・河川水の水質分布からみた(主として主要イオン構成と硝酸態窒素含有量に着目した)肝属川水系における総合的な地下水流動についてまとめた。

これら水文地質構造および各種水質データから本地域の地下水流動機構(仮説)は、模式的には図 - 5、6のように描かれ、以下のように考察される。

肝属川流域の水収支検討から、**流域外から本流域に流入する地下水が存在すること**が示唆される。水文地質基盤となる四万十帯の堆積岩の分布および地下水コンターから、その**涵養域は主として串良川の北方地域**と推定される。

地下水の平面的な流れは笠野原台地では北から南へ、肝属川より南側の地域では南から北へ向かっている。

本地域の主帯水層は、**大隅降下軽石・垂水砂礫層(第1帯水層)**と**阿多火砕流堆積物亀裂卓越部・大根占砂礫層(第2帯水層)**に分けられる。

第1帯水層に帯水する地下水は、地表面からの浸透水と台地下において下位の第2帯水層から涵養される地下水によって賄われている。後者は、笠野原台地において硝酸態窒素濃度が台地南側ほど低く、高濃度の硝酸態窒素を含む地下水が流動の過程で希釈されている現象から類推される。

第2帯水層に帯水する地下水は、台地縁辺部の基盤岩境界付近からの供給と阿多火砕流堆積物が直接露出する河川沿いからの涵養が考えられる。

肝属川下流域では、湧泉によって地下水が多量に河川に供給されているが、その一部は地表に湧出することなく、第1帯水層から肝属川周辺に分布する沖積層に直接供給され、海域に達すると考えられる。

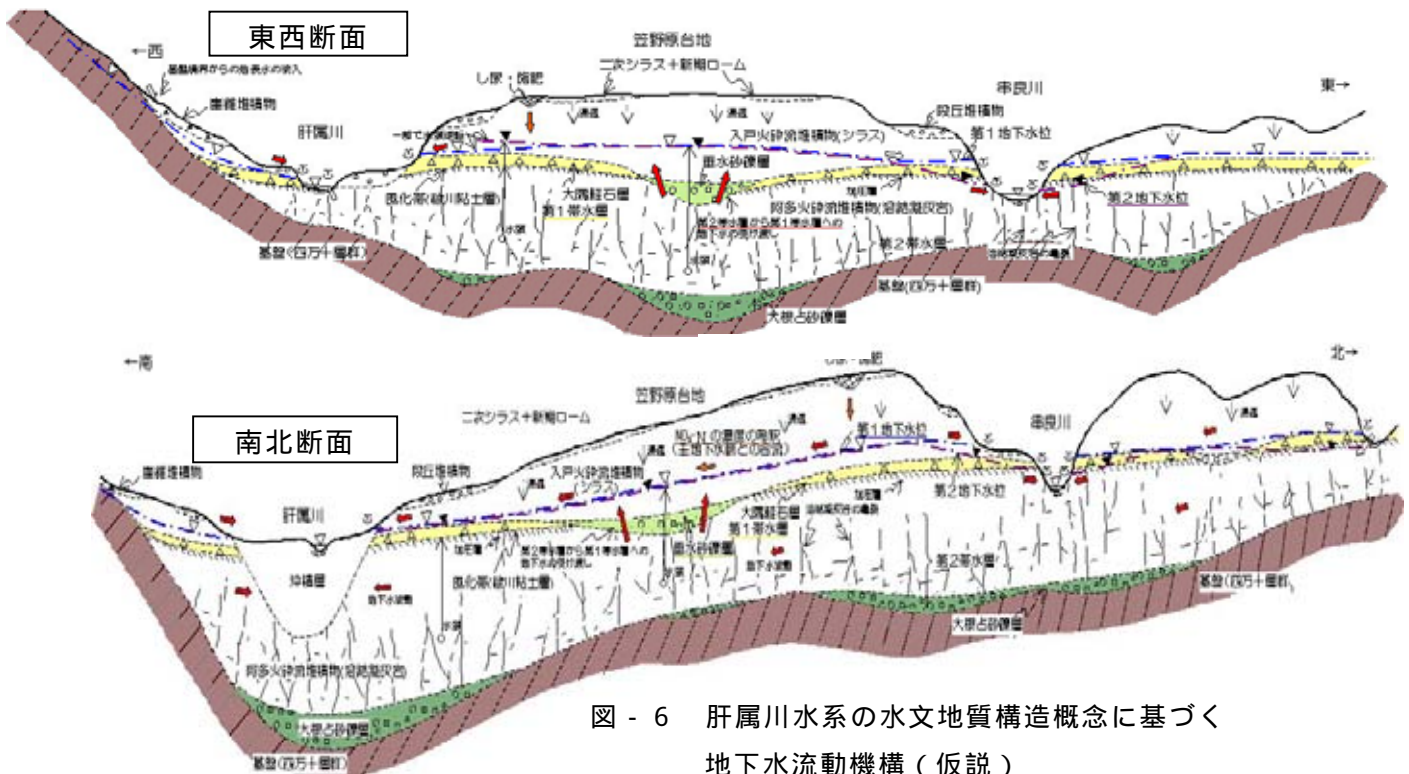


図 - 6 肝属川水系の水文地質構造概念に基づく地下水流動機構（仮説）

4. まとめ及び水質汚染範囲予測

これまでの検討結果より、肝属川水系における地下水の硝酸性窒素汚染影響範囲の予測としては以下のようにまとめられる。

第1帯水層である大隅降下軽石層（ボラ層）に帯水する地下水の汚染の広域化と汚染濃度の上昇が予測される

井戸の硝酸性窒素（ $\text{NO}_3\text{-N}$ ）濃度の経年変化より、深層の第2帯水層である阿多火砕流堆積物に帯水する地下水への汚染の進行が予測される（特に申良川北側からの汚染の進行が懸念される）

5. 今後の問題点

肝属川水系の地下水を規制する基本的な水文地質構造の仮説案の提案とともに、相対的な地下水の流れの推定を行ったが、これらはデータの的に確認したものではない。流域自治体や他省庁と調査データや成果といった情報を共有化しながら効率的、経済的に調査を続ける必要がある。また、今回肝属川水系地下水の将来汚染予測を行ったが、具体的に汚染が広がる濃度と範囲をさらに検討し、硝酸性窒素汚染の経路のどこで浄化し、どのように浄化するかについても検討する必要がある。現時点では効率的な地下水汚染対策方法が確立されていないが、流域の汚染源の特性を踏まえ、発生源対策も含めて検討する必要がある。

石炭灰を用いた混合路盤材の長期性状について

北海道開発局 室蘭開発建設部 苫小牧港湾建設事務所 第2計画課 森 昌也

1. はじめに

副産物である安価な石炭灰を路盤材として使用することで、資源の有効活用、環境への配慮および工事費の削減が可能である。苫小牧港湾建設事務所では苫東厚真火力発電所2号機より排出される石炭灰と普通ポルトランドセメントを混合することにより、セメント安定処理を行った路盤材料（以下「混合路盤材」と呼ぶ）の試験施工を1998年度に苫小牧港東港区において実施し（図-1）、一軸圧縮試験等の調査を行ってきた。しかしながら、積雪寒冷な環境が混合路盤材におよぼす影響や、施工後長期が経過した路盤材の支持力に関しては、いまだに十分な知見が得られていない。

そこで本報告では、路盤材料の一軸圧縮試験および凍結融解試験による材料の長期性状を把握するとともに、外気温変化とは異なる路盤内部の温度変化を測定することで試験施工原位置での凍結融解の発生の有無を検討した。また、支持力を把握するために原位置平板載荷試験を実施した。

2. 石炭灰混合路盤材について

舗装用材料としての石炭灰の適用箇所は表層、基層、上層路盤、下層路盤、凍上抑制層等が考えられ、その利用に当たっては石炭灰単体、石炭灰と他の材料との混合材、あるいはセメントとの安定処理材としての利用形態がある。ここでは下層路盤に試験的に使用された実績が多く、既往の研究により利用できる可能性が高いことからセメント安定処理工法を選択した。

今回の試験施工の際に使用した石炭灰（ドレイトン：オーストラリア産）は95%以上が粒径0.1mm以下のシルト質である。混合路盤材は、岸壁エプロン部の1、2、3工区の上層路盤および下層路盤の6箇所（図-2）でセメント添加率を5%～13%に変化させて施工した。図-2にエプロン構造断面図およびセメント添加率を示す。

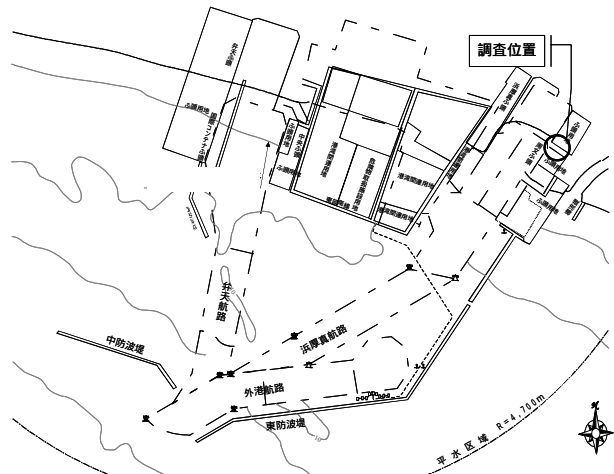


図-1 試験施工位置（苫小牧港東港）

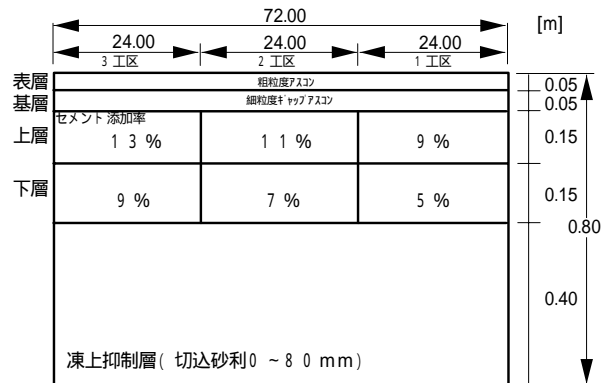


図-2 構造断面およびセメント添加率

3. 一軸圧縮試験による長期性状の検討

試験施工した混合路盤材をブロック状に採取した後に供試体を作成して一軸圧縮試験を行った。混合路盤材の一軸圧縮試験結果を図-3に示す。長期的にみると強度は増加傾向にあることから、本材料は石炭灰特有のポゾラン反応の影響により、圧縮強度の増加傾向が継続する材料であることが確認された。セメント添加率について比較すると添加率を増加させるほど強度が高くなる傾向にあり、長期間経過後もその傾向は変わらない。特に、上層路盤に対して下層路盤の方が長期間経過後に強度が増加している。これは下層路盤ほど温度変化が小さく(5章で後述)凍結融解による強度低下の程度が小さいためと考えられる。

4. 凍結融解に対する耐久性

積雪寒冷地域において混合路盤材を使用するにあたっては、材料の凍結融解作用に対する強度特性を把握することが必要である。そこで、地下水に覆われていない環境下での混合路盤材の凍結融解を再現するために、気中凍結融解試験を行った。

凍結融解試験による一軸圧縮強さと凍結融解サイクルの関係を図-4に示す。セメント添加率、上下層の条件によらず、凍結融解回数が増加するにしたがって、一軸圧縮強さが若干の減少傾向にある

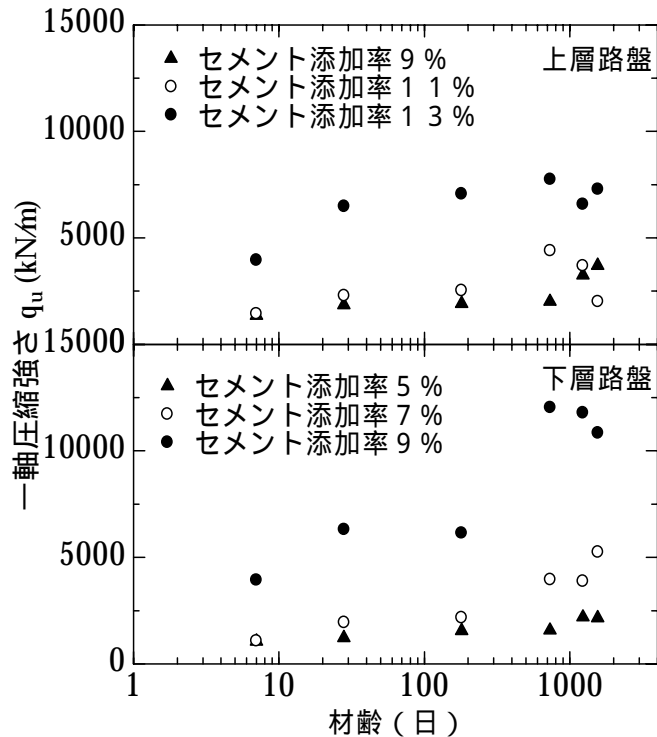


図-3 一軸圧縮強度試験

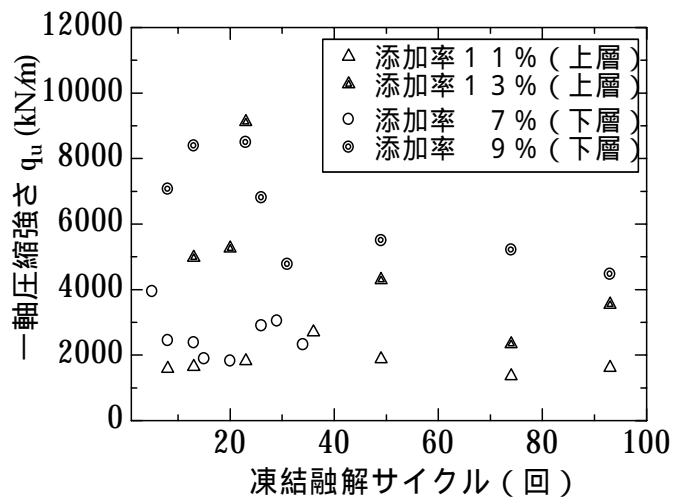


図-4 凍結融解試験結果



写真-1 温度計の設置状況

ことが分かる。

5 . 路盤内の温度測定

路盤材施工箇所では最低気温が -15° 程度まで低下するため、凍結融解作用による強度・剛性の低下が発生していると考えられるが、3章の一軸圧縮試験結果では長期的な強度の上昇を確認している。そこで、試験施工した混合路盤材内部の温度変化を測定して、凍結融解が発生する可能性を検討した。測定位置は写真 - 1 に示すように路盤上層部 (175mm)、路盤下層部 (325mm) であり温度計を埋め込んで測定した。特に気温の低かった2月16日から26日における気温、上層・下層路盤内の温度の時系列変化を図 - 5 に示す。気温と比較すると路盤内の温度は高く、一日の温度の変化がほとんどないことが分かる。測定期間において0度線を上方方向に通過したことを凍結融解発生と見なすと、外気温については18回、上層路盤内で1回、下層路盤内では発生していないことが分かった。凍結融解作用による材料劣化を考慮すると、舗装厚の確保は混合路盤材の凍結融解作用を減少させるという観点からも重要である。

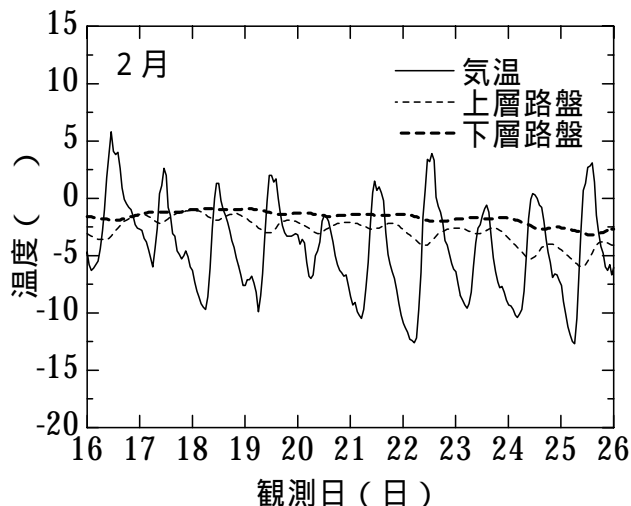


図 - 5 気温および路盤温度の変化

6 . 混合路盤材の平板載荷試験

平板載荷試験によって試験施工後約4年を経過した混合路盤材の支持力を検討した。平板載荷試験は、アスファルト舗装を $1\text{m} \times 1\text{m}$ の大きさに撤去し、上層路盤面を露出させて試験を行った。載荷箇所は、セメント添加率が小さく強度の低い1工区で実施した。試験は、上層路盤表層部のクラックが卓越した部分を含む場合とクラックを取り除いた場合の2ケースについて行った。エプロン舗装部の設計荷重は 700kN/m^2 であるが、



写真 - 2 平板載荷試験実施状況

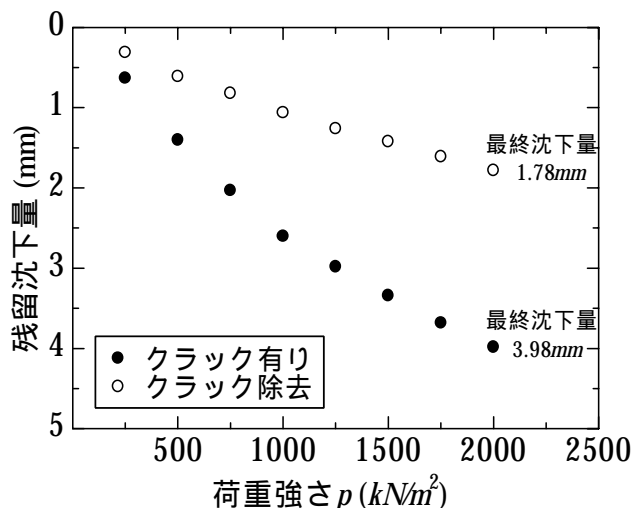


図 - 6 平板載荷試験の結果

上層路盤面では荷重分散効果によって $252kN/m^2$ の荷重が作用するため、路盤材を露出させる本実験では、設計荷重を $252kN/m^2$ とした。試験状況を写真 - 2 に示す。図 - 6 は路盤に与えた荷重と残留沈下量の関係を示している。上層路盤表層に存在するクラックの除去の有無にかかわらず、 $2000kN/m^2$ の荷重に対しても破壊しないことを確認した。舗装が破壊を起こす限界沈下量については、慣用的にはコンクリート舗装 $1.25mm$ 、アスファルト舗装 $2.5mm$ とされている。設計荷重である $252kN/m^2$ の荷重における沈下量はクラック除去前において $0.65mm$ 、除去後は $0.35mm$ であり、両ケース共に舗装が破壊に至らない沈下量である。今回の試験施工はアスファルト舗装であるが、より沈下条件の厳しいコンクリート舗装の限界沈下量の $1.25mm$ に対応する混合路盤材の支持力係数はクラック部除去前で $360 N/cm^2$ 、クラック部除去後で $1000N/cm^2$ となった。コンクリート舗装路盤の設計支持力係数の標準値である $200N/cm^2$ に対して、両ケース共に標準値を大きく上まわる値が計測された。試験結果からは、上層路盤表面のクラック部の有無により、沈下量、支持力係数に大きな差異が認められたことから、表層の劣化を防ぐことでより高い支持力、強度や沈下の抑制が期待できる。

7. 水質環境への影響

混合路盤材施工箇所周辺の岸壁前面の海水および地下水の水質調査を実施した。図 - 7 に調査結果を示す。試験施工後約 4 年が経過しているが、 pH は環境基準内にあり、かつ大きな変化は確認されないことから、環境負荷が小さいものと考えられる。

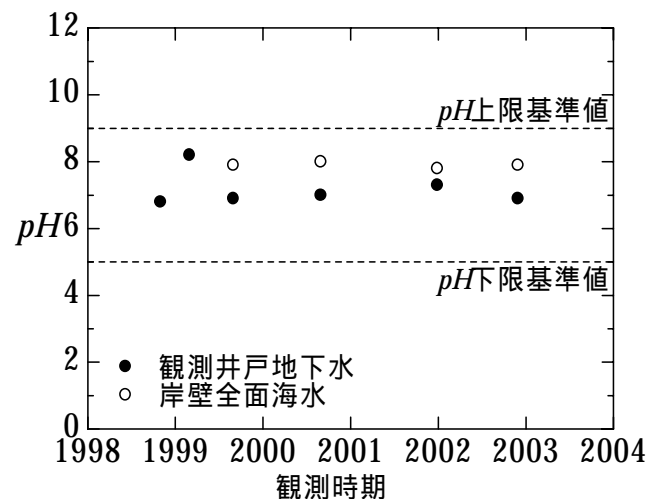


図 - 7 水質調査結果

8. まとめ

本研究より得られた結果を以下に示す。

一軸圧縮試験結果より、試験施工後 4 年程度経過した路盤材の圧縮強度は若干の増加傾向が確認された。凍結融解試験結果から、凍結融解作用により強度低下をおこしうることを確認したが、原位置温度測定結果より、混合路盤材内部の温度は周辺気温と比べて高く、一日の温度変化が小さいため、凍結融解作用の発生回数は少ないと考えられる。

平板載荷試験より、混合路盤材は $2000kN/m^2$ の荷重に対しても破壊せず、舗装の限界沈下量を考慮しても十分な剛性を有していることが確認された。

周辺部の水質調査の結果より、混合路盤材施工による周辺水質は環境基準内に収まっており、環境負荷は小さいことが明らかになった。

新しい水質指標「ろ紙吸光法」を用いた水質評価

九州技術事務所 調査試験課 高倉 香

1, はじめに

現在、水質を評価する指標としてBODに代表される有機的汚濁指標が用いられている。この指標は水質汚濁防止法に基づく項目で行政にとっては便利であるが、一般の人にはBODの概念は理解されにくく、「ひと」が実感できる河川水質の「きれいさ」をあらわす指標が望まれている。

また近年の河川水質は下水道事業や住民による環境活動により改善傾向が見られ、九州管内の大半の河川がBOD 2 mg/L以下という状況であり、清流河川においてはBODにかわる新しい指標が望まれている。

土木研究所で開発された「ろ紙吸光法」は簡単に測定でき、吸光度曲線を解析することで清流指標、富栄養化指標、総合水質指標等を提案できる特長があり、これら指標を用いて河川・ダムの水質管理への適用を提案するものである。

2, ろ紙吸光法の概要

河川水をろ過した後、ろ紙上に残った物質に光(220~850nm)をあて、その反射光を測定することで、水の濁りや藻類の量、有機物の量などを総合的に調べる測定法が「ろ紙吸光法」である。分析方法を図-1に示す。



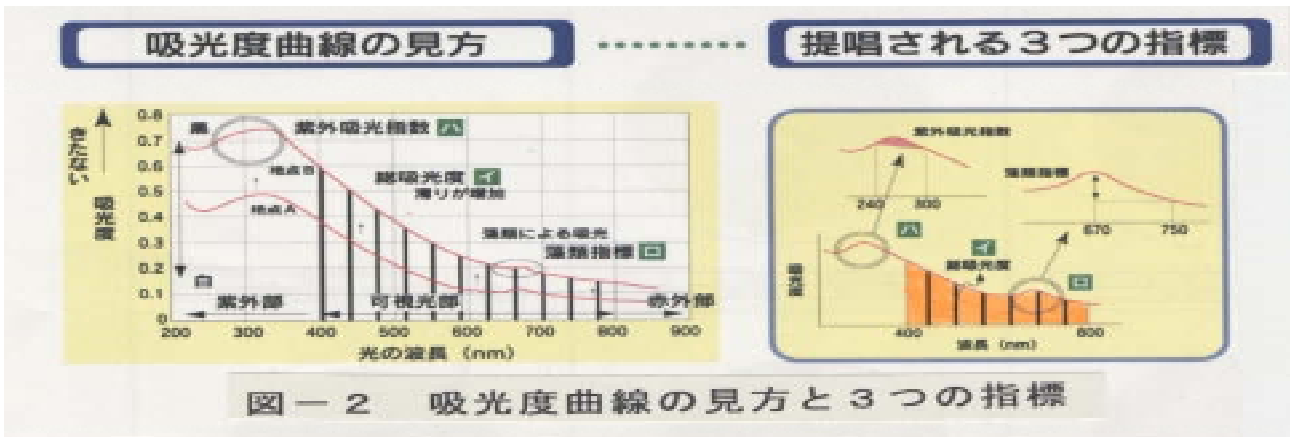
ろ紙吸光法の特長

- 測定方法が簡単
- 迅速かつ安価
- 視覚的に水質を把握
- 水質を総合的に評価
- データベース化が容易
- 薬品を全く使わない

吸光度曲線の見方と3つの指標を図-2に示す。

分析により得られる吸光度曲線から下記の3つの指標を得ることができる。ろ紙吸光法は濁り物質の「量」だけでなく「質」も把握することができる。

- イ) 総吸光度(TA) 河川の濁りを表す指標 : 400nm~800nmの吸光度の積分値
- ロ) 藻類指標(AI) 藻類の量を表す指標 : 670nmと750nmの吸光度の差を100倍
- ハ) 紫外吸光指数(UVAI) 有機物の量を示す指標 : 240nmと300nmを結ぶ直線とその間の吸光度曲線で囲まれる面積値



3, 調査概要

九州の一級水系及び直轄ダムにおいて定期調査分析で実施しているSSのろ紙(40地点)を送付してもらい、このろ紙の吸光度を測定した。調査期間はH13~14年度の2カ年間である。

4, 調査結果

4.1, 3つの指標と水質項目との相関

既往文献によるとろ紙吸光法とクロロフィルa、濁度等とは高い相関関係があることが示されている。そこでろ紙吸光法の3つの指標と水質項目の相関分析を行った。相関分析は以下の式で回帰分析を行った。

直線回帰式	$C = a \cdot (\text{各水質指標}) + b$
指数関数式	$C = a \cdot (\text{各水質指標})^b$
2次式	$C = a \cdot (\text{各水質指標})^2 + b \cdot (\text{各水質指標}) + c$

C: 各水質, a、b、c: 係数, (各水質指標): ろ紙吸光法の3つの指標
前記3つの回帰分析の結果のうち筑後川の水域別相関係数を表-1に示す。

表 - 1 相関係数

	水質項目	総吸光度: TA	藻類指標: AI	紫外吸光指数: UVAI
筑後川 (瀬の下)	濁度	0.771	0.718	0.673
	SS	0.701	0.585	0.599
	BOD	0.621	0.741	0.513
	COD	0.813	0.873	0.702
	クロロフィルa	0.843	0.952	0.538

調査目的によっては、相関の高い項目は、分析費も安く早く分析できるろ紙吸光法で測定すれば水質項目のだいたいの数値を把握することができ、水質管理上有効であるといえる。

4.2, 河川の清流度ランキング

河川は水質をBODで評価しているが、ろ紙吸光法の総吸光度での評価を試みた。総吸光度は濁りを表す指標であるので、河川の清流度指標といえる。総吸光度とBO

Dの平均値を用いランク付けしたものを表 - 2 に示す。

清流度とBODのランクが一致すれば着色部分にのる。着色部より3ランク上に位置する白川は無機態の濁り（阿蘇の火山灰）が清流ランクを下げていていると考えられる。また着色部より5ランク下に位置する肝属川は溶解性BODが高いため（流域の畜産業が盛ん）清流ランキングを上げていていると考えられる。

BODによる評価と総吸光度による評価が一致するか、一致しなくとも1～2ランクのずれ程度である河川が多いため、総吸光度によっても十分清流度を表すことができると考えられる。

表 - 2 河川の清流度ランキング

総吸光度からの清流度	250									
	200～250									
	175～200					白川		筑後川		遠賀川
	150～175					菊池川	緑川			
	125～150				大淀川					
	100～125						六角川			肝属川
	75～100			川内川 嘉瀬川	小丸川					
	50～75			矢部川 球磨川3	大分川	本明川				
	30～50	大野川	球磨川2	球磨川1 山国川		松浦川				
	<30		番匠川 五ヶ瀬川 川辺川							
	BODからの清流度 (mg/L)									
	<0.4	0.4～0.6	0.6～0.8	0.8～1.0	1.0～1.2	1.2～1.4	1.4～1.6	1.6～1.8	1.8～2.0	2.0

注) 球磨川1: 多良木, 球磨川2: 人吉, 球磨川3: 横石

4.3, 総合水質指標

ろ紙吸光法は懸濁物質に光りをあて分析するので溶解性の成分を表現できない。このため簡易に分析でき溶存態成分を表現する指標として導電率(EC)を用い、3つの指標TA、AI、UVAIとあわせて4つの指標で水質を総合的に表す指標とした。この総合水質指標のイメージを図 - 3 に示す。

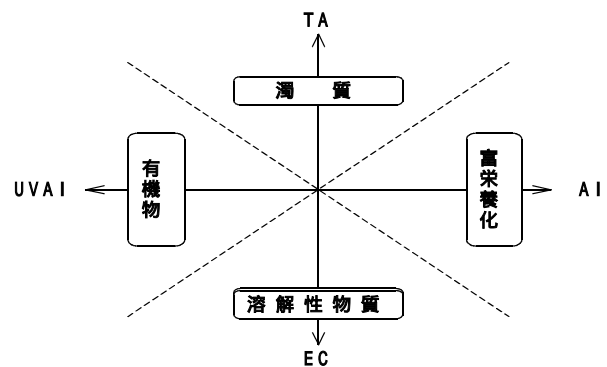


図 - 3 総合水質指標のイメージ

また この指標による代表的な水質のイメージを図 - 4 に示す。

たとえば、TAが高くAI、UVAIが低い場合は、シルト等の無機態の濁りである。AIも高いときは植物性プランクトンが増殖した富栄養化状況といえる。UVAIも高い時は生活排水等の有機汚濁が流入しているといえる。

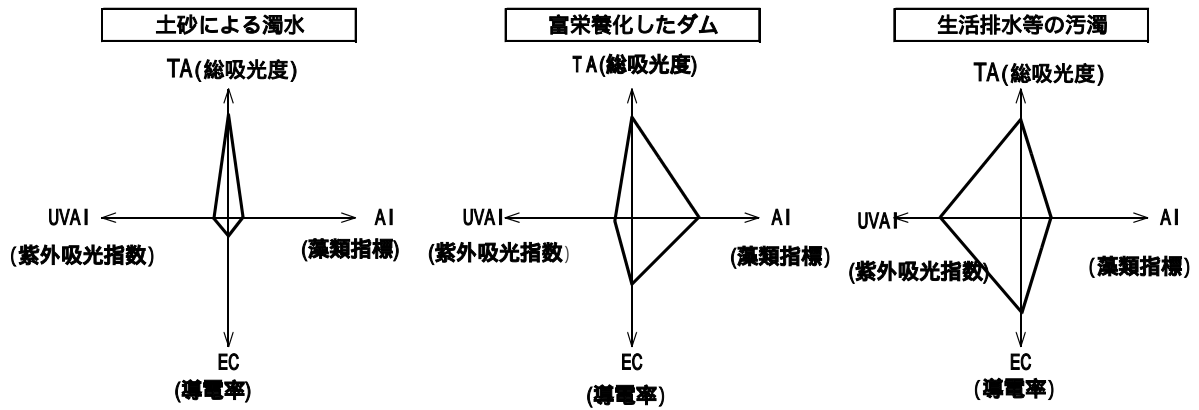


図 - 4 総合水質指標の代表パターン 1 例

5. 3 紙吸光法の活用

ろ紙吸光法の特徴を生かして下記の活用ができると考えられる。

5. 1 , 河川の水質管理

- ・ 清流河川の評価（非常にきれいなためBODでは把握できない水質の変動を把握する。図 - 5 参照）
- ・ 浄化施設の水質管理等、水質汚濁防止法に拠る必要のない調査

5. 2 , 親水活動の水質指標

- ・ 住民参加の水質調査（ろ紙吸光法は視覚に訴える効果が大きいため。図 - 6 参照）

5. 3 , ダムの水質管理

- ・ クロロフィル a の詳細調査（調査地点を安い費用で増やすことができる）

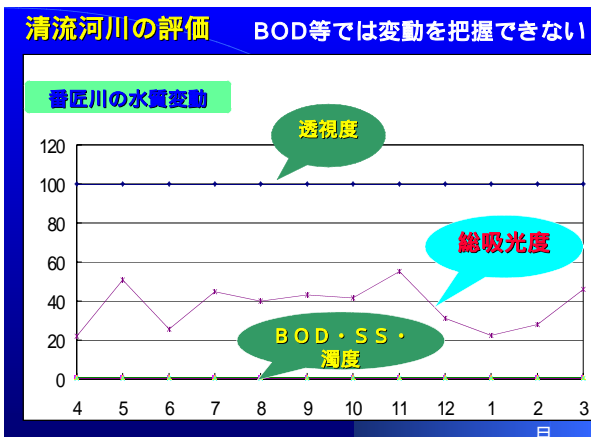


図 - 5 清流河川の評価の 1 例

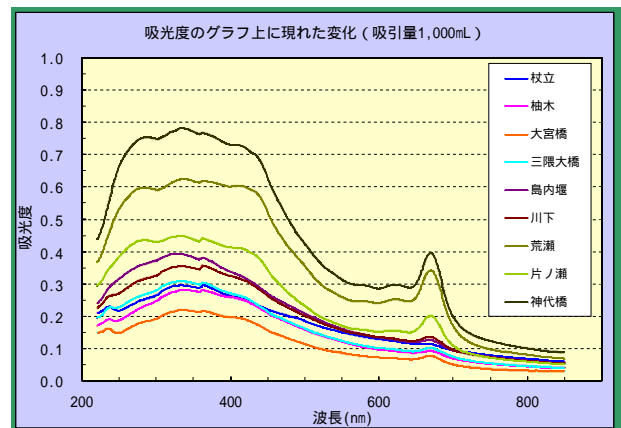


図 - 6 流下方向への水質変化の把握

6 . おわりに

- (提 案) ・ろ紙吸光法はBOD等の理化学分析や生物調査とは異なった、新しい切り口の調査であり、水質指標として有効であることがわかった。
- ・ わかりやすく視覚に訴える効果が大きく、特に住民参加の水質調査に使うと非常に効果があると思われる。
- (課題等) ・ろ紙吸光法は法的位置付けのない分析である。
- ・ろ紙吸光法の分析に用いる分光光度計が特殊であるため一般の分析所がない。

実大実験住宅を用いた室内空気中のホルムアルデヒド濃度に関する研究

国土技術政策総合研究所 建築研究部 環境・設備基準研究室 主任研究官 桑沢保夫

1. はじめに

室内空気は建材等から放散されるホルムアルデヒドにより汚染され、日本の住宅の1/4程度が厚生労働省の定めたガイドライン値を上回っていることが、国土交通省等による全国規模の調査で明らかになった。これに対し、建材からのホルムアルデヒド放散状況などについての基本的な特性は実験室レベルの研究

により解明されつつあるが、それらは比較的理想的な条件下における実験であり、各種の攪乱要因がある実際の居室などでの再現性の確認が十分とはいえない。そこで、まずこの確認を行うことを第一の目的とした。また、その簡便な濃度低減対策が喫緊の課題として求められていることから、冷房時の凝縮水の効果について検討を行うことも目的とした。

2. 実大実験住宅における負荷率等とホルムアルデヒド濃度の関係に関する実験

2.1 実験方法

(1) 場所、日程 (財)ベターリビング筑波建築試験センター内にある材料実験棟¹⁾の4室(いずれも床面積12.1m²、室容積29m³)を用いて、2002年2,3月および7,8月に実施した。

(2) 測定項目、測定方法 表1参照。

(3) 設定条件 表2参照。

(4) 実験手順 実験室は実験前に十分換気を行ったのち、換気回数が約0.5回/h、室中央付近の気温が設定値程度となるようにエアコンを自動運転として、24時間維持した後に、ブランク状態のホルムアルデヒド濃度を測定してから実験を開始した。まず放散源を設置して換気を24時間停止したのち、換気を再開して換気量を設定値としたまま7日間維持した。ホルムアルデヒド濃度の測定は換気を再開する直前、再開後2, 24, 48, 168時間経過した時点で行った。ただし、湿度は特にコントロールしていない。

また、放散源の特性を知るため、同一ロットから製作した試験体からの放散量をデシケータと20Lチャンバでも測定した。20Lチャンバでは気温28℃、相対湿度50%、換気量0.01m³/hとしておき、放散面面積を調整すること

で、Q/Sを0.15, 0.24, 0.48としてチャンバ内にセットしてから24, 48, 168時間経過した時点で測定した。

表1 測定項目、測定方法

測定項目	測定場所	測定方法
気温	室中央, 屋外	T型熱電対
相対湿度	室中央, 屋外	静電容量式
HCHO濃度	室中央	DNPH/HPLC

室内空気中のホルムアルデヒド濃度はDNPHカートリッジに、室中央付近の空気を約1L/minで30L通気して溶媒抽出後HPLCにて分析。(ダブルサンプリング)

表2 設定条件

No.	時期	気温	放散源	換気量
1	冬季	25	16枚	10.5m ³ /h
2	冬季	35	16枚	16.7m ³ /h
3	冬季	25	8枚	13.0m ³ /h
4	冬季	35	8枚	18.1m ³ /h
5	冬季	25	16枚	1.9m ³ /h
6	冬季	25	16枚	12.2m ³ /h
7	夏季	28	32枚	16.3m ³ /h
8	夏季	28	20枚	14.5m ³ /h
9	夏季	28	32枚	30.5m ³ /h
10	夏季	28	20枚	31.8m ³ /h
11	夏季	28	32枚	0.0m ³ /h
12	夏季	28	20枚	0.5m ³ /h

放散源：合板(1.82×0.91m)、側面はアルミテープでシール換気量は、実験終了後にSF₆をトレーサガスとした一定濃度法により測定した値である。

2.2 結果および考察

(1) 気温、湿度、除湿量 室内の気温および湿度の測定結果を表3に示す。また、室内外における湿度差および換気量から算出される除湿量と、3. の(3)式を用い除湿によりホルムアルデヒドが除去される効果も同時に示す(冷房時のみ)。

湿度はコントロールされていなかったため冬季の実験では10~25%程度の低湿度となり、夏季は60%程度の値となった。夏季の冷房時における除湿量は換気量の多い条件(No.9, 10)で多く、換気回数0.5回/h程度の条件のとき(No.7, 8)に相当換気量は0.1~0.2回/h程度の換気回数となった。

(2) 濃度と換気量、放散面面積の関係 換気量に凝縮水による相当換気量を加えたものをQ'として、また168時間経過後の濃度測定値を井上の式²⁾を参考にした(1)式で28, 50%の値に換算した濃度C'を用いた、Q'/Sと1/C'の関係を図1に示す。

$$C' = C \times 1.09^{(t_1 - t_0)} \times \frac{(55 + rh_1)}{(55 + rh_0)} \times \frac{(273.15 + t_0)}{(273.15 + t_1)} \quad (1)$$

C' 換算後の濃度 [μg/m³]
 C 換算前の濃度 [μg/m³]
 t₁, rh₁ 換算する気温、相対湿度 [, %]
 t₀, rh₀ 換算前の気温、相対湿度 [, %]

図より両者の傾きはほぼ同程度であったが、夏季に用いた材料の方が同じ換気量、放散面面積でも高い濃度となることがわかった。また、冬季、夏季ともこれまでの報告で示されているようにほぼ直線関係となり、これは今回の実験条件であれば各種の攪乱要因のもとでも濃度が予測できることを示す。

(3) デシケータ値と予測値 換気再開後168時間経過したときのホルムアルデヒド濃度測定値と、実験開始時に測定されたデシケータ値、および温湿度を入力値とした井上の式による予測値の関係を図2に示す。

夏季の換気量をほぼ0にしたとき(右側の2点)のみ、予測値の方が実測値よりも非常に小さな値を示した。このことから換気量が非常に小さい場合には井上の式では誤差が大きくなることが考えられる。

(4) 20Lチャンバでの測定値による濃度の予測 夏季に用いた放散源の20LチャンバにおけるQ/Sと1/C'の関係を図3に示す。(濃度Cに

表3 測定結果

No.	気温 (S.D.)[]	相対湿度 (S.D.)[%]	除湿量 [g/h]	相当換気量 [m ³ /h]
1	25.0 (0.9)	20.4 (3.6)	-	-
2	33.9 (1.6)	14.0 (4.5)	-	-
3	24.6 (1.1)	18.7 (3.5)	-	-
4	33.8 (1.6)	11.9 (3.2)	-	-
5	25.1 (0.9)	26.4 (1.6)	-	-
6	25.0 (1.3)	22.1 (3.6)	-	-
7	28.6 (0.7)	60.7 (4.9)	65	4.7
8	28.7 (0.8)	62.4 (4.6)	49	3.5
9	28.1 (0.7)	64.9 (5.9)	101	7.3
10	28.5 (0.7)	66.1 (5.1)	82	5.9
11	28.6 (0.4)	49.4 (1.6)	0	0.0
12	28.7 (0.5)	51.8 (1.8)	2	0.2

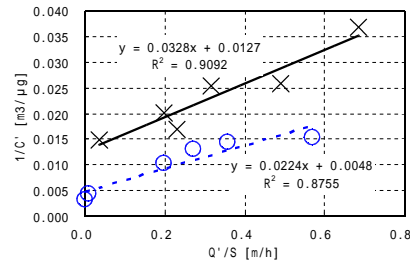


図1 Q'/Sと1/C'の関係 (x—: 冬季、---: 夏季)

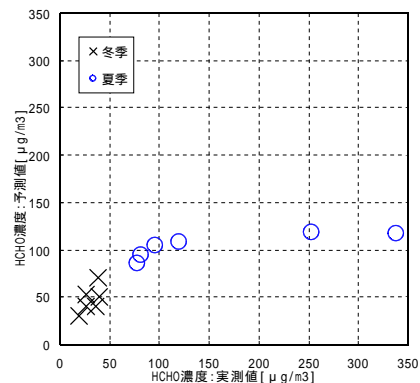


図2 デシケータ値による予測値と実測値

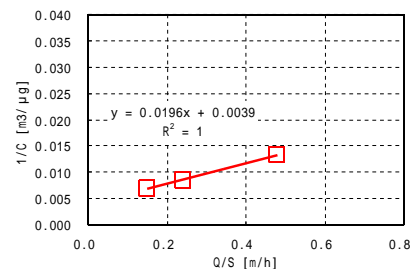


図3 20LチャンバでのQ/Sと1/C'の関係

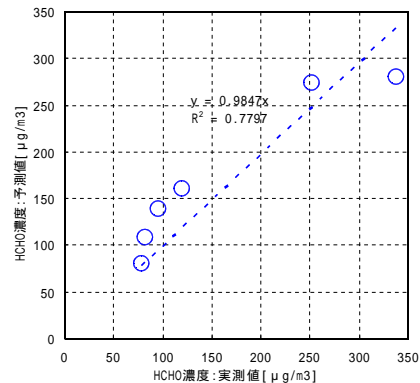


図4 20Lチャンバの値による濃度の予測

は168時間経過後の値を使用した。)測定されたデータはちょうど直線上に乗った。そこで、この図にある回帰直線を基にNo.7~12の濃度を予測した。予測の手順としては各条件におけるQ'/Sを用いてCを求め、(1)式により測定時の気温と相対湿度のときの値に換算した。

結果を図4に示す。換気量が少ない場合にもデシケータ値による予測よりは誤差が小さいが、換気量が多い場合にはやや高めに予測された。この誤差は室内表面での吸脱着やそのほかの外乱要因によるものと考えられる。

3. 冷房時の凝縮水によるホルムアルデヒド除去に関する実験

3.1 実験方法

(1) 場所、日程 場所は2.と同じ。日程は2002年10月である。

(2) 測定項目、測定方法 表1参照。ただし、凝縮水中のホルムアルデヒド濃度は分校光度計で測定した。

(3) 設定条件 表4参照。加熱源の台数、放散源の枚数、換気扇による換気量をパラメータとして計画した。なお、放散源としたパーティクルボードは、入手後常温で半年程度保管したものである。

表4 設定条件

No.	加熱源	放散源	換気量	気温
1	2台	0枚	0 m ₃ /h	28
2	2台	4枚	0 m ₃ /h	28
3	2台	8枚	0 m ₃ /h	28
4	2台	8枚	14.5m ₃ /h	28
5	4台	8枚	14.5m ₃ /h	28

加熱源：電気ストーブ(800W)

放散源：E1パーティクルボード(1.82×0.91m)

側面はアルミテープでシールした。

(4) 実験手順 加湿源として水を満たした金属製容器を加熱源(電気ストーブ)のそばに、また放散源を室内にそれぞれ設置、エアコンを冷房モードの自動運転として実験を開始する。24時間後に室中央で室内空気をサンプリング、容器からの蒸発水量と凝縮水量の測定、さらに凝縮水のホルムアルデヒド濃度の分析を行う。なお、湿度はコントロールされていない。

3.2 結果および考察(表5参照)

(1) ホルムアルデヒド濃度(室中央) 室中央での気中濃度を比較してみると、放散源を置かない実験No.1でも換気を行っていないためか、100 μg/m³のガイドライン値をやや上

回る値となった。放散源を設置したNo.2,3ではどちらもこれに比べて4倍近い値を示した。No.4とNo.5の比較ではNo.5のみ凝縮水を得られた点から、主に凝縮水による気中濃度の低減効果を示していると考えられる。気温と相対湿度が異なるため、(1)式でNo.4の濃度をNo.5の条件に換算するとC' = 236[μg/m³]となり、凝縮水によりホルムアルデヒドを排出することで3/4程度の濃度に低減できたことになる。また、このときの凝縮水の半分以上は外気取り入れによるものと考えられることから、室内の発湿がそれほど多くなくても、外気による潜熱負荷がある程度あれば、ホルムアルデヒド濃度低減効果を期待できることがわかった。

(2) ホルムアルデヒド濃度(凝縮水) 凝縮水のホルムアルデヒド濃度は、室中央での気中濃度にほぼ比例した濃度を示した。(図5参照)ここで、室内の気中濃度と凝縮水の濃度をともに定常値と考えると、以下のように凝縮水により排出されたホルムアルデヒド量を相当換気量に換算できる。

$$Q_{eq} = 1000 \times C_d \times D / (24 \times C) \quad (2)$$

Q_{eq}	相当換気量	[m ³ /h]
C_d	凝縮水の濃度	[mg/L]
D	凝縮水量	[L/day]
C	気中濃度	[μg/m ³]

さらにここで気中濃度と凝縮水の濃度が比例していると考えると以下の式となる。

$$Q_{eq} = 1000 \times \quad \times C \times D / (24 \times C)$$

$$= 1000 \times \quad \times D / 24 \quad (3)$$

気中濃度と凝縮水の濃度の比例定数 [m³/L]

つまり、気中濃度とは関係なく、凝縮水の水量を相当換気量に換算できることを示している。そこで、まず気中濃度と凝縮水の濃度の比例定数()を図5に示した回帰直線の傾きとして凝縮水の水量から相当換気量を求め、また気中濃度を(1)式により28, 50%rhの時の値(C')に基準化して、相当換気量とファンによる換気量の合計(Q')を用いたQ'/Sと1/C'の関係を求めた(ただしNo.1は除く。また設置した放散源が気中濃度に対して支配的であったと考えて、そのほかの室内の放散源を無視した)。図6に示す。チャンバ実験で示されているようにこれらは線形関係を示し、凝縮水の量を換気量に換算できることが確認された。

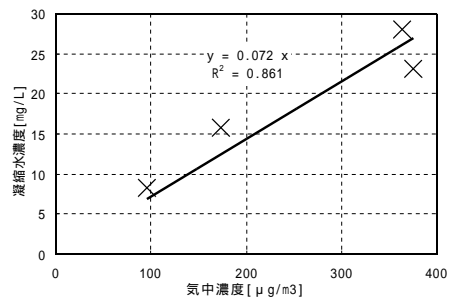


図5 気中濃度と凝縮水濃度の関係

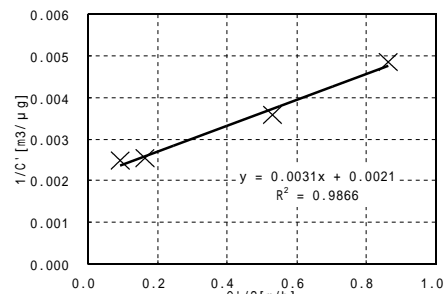


図6 凝縮水による相当換気量を見込んだときのQ'/Sと1/C'の関係

表5 主な測定値、計算値

No.	換気量	気温	相対湿度	蒸発水量	凝縮水量	HCHO濃度		相当換気量	基準化したHCHO濃度	
						室中央	凝縮水			
1	0.4m³/h	26.3	(1.2)	50.4%(1.1)	0.722L/day	0.839L/day	95 μg/m³	8.3mg/L	2.5m³/h	110 μg/m³
2	0.4m³/h	27.5	(1.4)	49.2%(2.9)	0.591L/day	0.590L/day	376 μg/m³	23.2mg/L	1.8m³/h	394 μg/m³
3	0.4m³/h	26.6	(1.3)	51.6%(2.1)	0.690L/day	0.668L/day	364 μg/m³	28.0mg/L	2.0m³/h	402 μg/m³
4	14.0m³/h	26.8	(0.3)	44.8%(1.9)	0.736L/day	0.000L/day	241 μg/m³	-----	0.0m³/h	281 μg/m³
5	14.0m³/h	28.2	(0.6)	31.9%(1.2)	1.289L/day	2.953L/day	174 μg/m³	15.8mg/L	8.9m³/h	206 μg/m³

換気量は、実験前にSF₆をトレーサガスとした一定濃度法により測定した値。気温、相対湿度は24時間の平均値と標準偏差。凝縮水量は24時間の間タンクに集められた量で、集められた凝縮水の濃度を測定。HCHO濃度はいずれも2回測定した値の平均。(ただし、No.1の室中央のみ1回の測定値)

4. 結論

一般的な居室を模擬した実大実験室において各種要因とホルムアルデヒド濃度の関係を調べる実験からは、以下のような知見を得た。

- ・デシケータ値からの予測は換気量が非常に小さいときには誤差が大きくなる。
- ・各種攪乱要因の下でも実験条件から予測される濃度の上下はほぼ保たれる。
- ・20Lチャンバの値による濃度の予測値は、換気量が非常に小さくてもデシケータ値による場合よりも精度高く予測できる。

一方、冷房時の凝縮水の効果についての検討からは、凝縮水量をある程度得られれば室内空気中のホルムアルデヒド濃度低減に効果のあることがわかった。また、その排出水量をホルムアルデヒド濃度低減に有効な相当換

気回数に換算できることを示した。

5. おわりに

実空間におけるホルムアルデヒド濃度の予測については、より精度の高い予測手法の開発が望まれる。また、冷房時の凝縮水の効果についての検討では、気中濃度と凝縮水中の濃度の関係はエアコン内部の冷却部分の温度や風量などにも影響を受けていると考えられるので、今後さらに検討の必要がある。

参考文献

- 1) 桑沢ほか、建設中の木造住宅における空気質測定、空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集、2001.9、p.657-660
 - 2) 井上明生ほか、デシケータ法によるホルムアルデヒド放散量と気中濃度との相関、木材工業、Vol.45-7、p.313-319
- 本研究は国土交通省が平成13年度より実施している総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」の一環として行われたものである。

「国立劇場おきなわ」におけるPC部材による外壁構成について

沖縄総合事務局 営繕監督官 照屋勝己

1、はじめに

国の重要無形文化財「組踊」を中心とする沖縄伝統芸能の保存振興を図ると共に沖縄の地理的、歴史的な特性を活かし伝統文化を通じたアジア・太平洋地域の交流拠点となることを目的として「国立劇場おきなわ」が設置された。

その「国立劇場おきなわ」において意匠性において高度な施工技術を要したPC外壁の概要を報告する。

2、工事概要

2.1 建物構造規模

敷地面積：24,000㎡、

建築面積：7,239㎡

延床面積：14,592㎡

主要構造：鉄筋コンクリート造、
一部プレストンクリート造
地上3階地下1階



3、外壁PCデザインとディテール

3.1 建物デザインコンセプトと外観デザイン決定要素

「沖縄らしさ」や「伝統的」ということをいかに表現するかということ考えたとき、琉球王国時代の民家の特徴として庇が深い日差しをつくる「雨端（あまはじ）」と呼ばれる軒下空間と格子状や網代状（写真-1）に竹を編み込んだ外壁がある。

沖縄の気候はアジア太平洋圏でも独特の海洋性、島嶼性を帯びた亜熱帯気候でその厳しい気候風土と共生する中から日差しを和らげたり、風を通したり、視線を通したりとその厳しい気候や環境をただ遮断する

のではなく、呼吸するような伝統的建築様式が生まれてきた。その伝統的建築様式を表現するために今回の外壁デザインとなっていた。



写真-1

3.2 デザインコンセプトを達成するためのディテール決定

外壁のデザインは、単一のシステムにより意匠的なモチーフを連続させるという手法

を取っている。

長大な面においては彫塑的なモチーフを正確に連続することが、造形的で力のある表情を生むとされている。

今回、一辺約80mの建物外周を被う壁は、1.9mというモジュールで網代状の斜格子のユニットが繰り返し連続している。ユニットのパターンは、中空タイプ、壁タイプ、開口部タイプ(写真-2)の3つが組み合わされている。



写真 2

4. 施工前段階における検討

4.1 設計意図を実現するための施工図の検討

PC外壁は、各々のユニットをまず1次緊張し架設後の2次緊張で壁面全体を一体化する。しかし、今回の外壁は工事現場内での製作であるとともに部材の形状において難易度が非常に高いとともに高い打ち上がり精度を要求された。

部材施工図 型枠製作 部材製作 架設の作業工程の中でいかに形状を正確に把握し情報を共有しながら作業を進めていくかが施工図作成における大きな課題となった。検討項目及び検討資料を下記に示す。

1) 部材概要の把握(資料-1、2)

図面だけでは形状のイメージがわからず、問題点が見つみにくいため「ソリッドモデル」を作成



資料-1



資料-2

2) 型枠の「面」

ひねりを伴った3次元曲線であるため座標位置算出用の基準線を200mmピッチで設定し位置・計測を容易にした

3) PCの一次ケーブル及び二次ケーブルが網の目状に配置されるためケーブルの干渉チェックや納まりの検討

4.2 モックアップによる検討

外壁版は3次元形状で見付け面にはユニットパターンとして中空タイプ、壁タイプ開口タイプ(写真-2参照)が配置された複雑な形状であることから、形状の検討・確認及び製作・建て方時の問題点を洗い出し、本作業での不具合を未然に防止するための検討用として「モックアップ」を製作した。(写真-3)



写真-3

また、外壁板は複雑な形状であることと型枠転用及び蒸気養生の条件から鋼製型枠で製作し、現場サイトの型枠用ベッドは製品精度の統一化を図るため15m×23mの蒲鉾状のロングベッド(写真-4)とした。



写真-4

5 施工段階における施工要領

5.1 型枠組立精度の確保

外壁は部材幅1.9mの個々の部材が連続することによって壁を構成している。側枠はコンクリート打設にともない、組み立てと脱枠を繰り返すため製作時の側枠精度が確保されていないと建て方精度に影響するため、側枠の方杖をコッター形式で固定することにより時間を要さずに精度を保てる構造とした。

5.2 型枠脱枠時の部材の欠けをなくすための改善策

コンクリート打設時にベッド面とユニットパターン側枠の取り合い部からノロが流出し、硬化したノロの付着力で脱枠時にコンクリート部材に欠けが生じていたので取り合い部のその微細な隙間をシーリング充填することで、ノロの流出を防止し部材の欠けを改善した。

また、蒸気養生の影響により脱枠時の部材温度は高温(45~50)になっていた。鋼製型枠を使用しているため特に、ユニットパターン枠は熱膨張により脱枠が困難な状況であった。そこで、ベッド下に散水設備を設け脱枠前の約1時間において散水クーリングを行い改善した。

5.4 仮置き

部材仮置き期間は最長で4ヶ月と長いため、仮置き期間中のクリープ変形の統一化を計るため仮置き時支点位置の検討に基づき仮置き設備を決定した。(写真-5)



写真-

6. まとめ

本工事のPC外壁版は形状が複雑で非常に難易度が高いとともに、高度な製作精度及び技術を求められたが、設計、施工サイドとが高いレベルでの綿密な打ち合わせや検討の結果、充分満足できる施設が完成した。

課題として、外壁版の色合いの違いが多少気になる部材が一部見受けられた。一般に色合いの違いが出る要因としては下記の項目が考えられる。

- 1) コンクリートの使用材料や配合の違い
- 2) 使用材料・配合が同一の場合でもコンクリート表面での水産化カルシウムや炭酸カルシウムの生成状況の違い
- 3) 型枠面の材質・特性
- 4) 剥離剤の品質・塗装むら
- 5) 剥離剤塗布後コンクリート打設までに数日を経過した場合
- 6) 締固めの時期・方法・時間の違い
- 7) コンクリート打設後、脱枠までに数日経過した場合
- 8) 剥離剤塗布時にほこりなどが付着し紫外線照射によってその不純物が日焼けした場合

今回の施工において外壁版の総数は166ピースを数え、約5ヶ月間(打設回数74回)という長期な製作工程であった。現場では雨対策として製作ベッド上に移動式テントを設置し、1回のコンクリート打設は2~3ピースを2日サイクルで行う事を基本とした。

しかし、土曜日に剥離剤塗布・配筋を行い、月曜日に浮き枠組み立て・コンクリート打設となる場合や、土曜日に打設を行い月曜日に脱枠するというサイクルもあったことから、色合いの違いの主な要因は上記5)、7)、8)であると想定される。

本工事の外壁のように形状が複雑で意匠性に富んだPCの施工を終えた結果として、多角的な面からの検討用としてモックアップを作成する事が非常に重要であるとともに現場製作PCにおいては1日サイクルで部材を製作することが理想であり、1日サイクルが無理な場合には製作サイクルの見直しとして壁付きの仮設工場上屋が必要である。

柳之御所保存に伴う河道掘削土を用いた水中撒出し盛土について

東北地方整備局 岩手河川国道事務所 工務第三課 佐藤 伸幸

1. はじめに

本報告は、一関遊水地事業における平泉堤防において、工期短縮・コスト縮減等の観点から、河積確保のために必要であった対岸の掘削土を用いた「水中撒出し（水締め）工法」による高水敷造成について報告するものである。

これまで、河川において、しかも大規模な施工事例がなかったことから、今回、事前に室内再現試験等による盛土強度の予測を行い、「水中撒出し工法」による施工を可能と判断した。なお、撒出し施工後には予測値と実測値との比較を行い、水締め効果の定量化を図った。

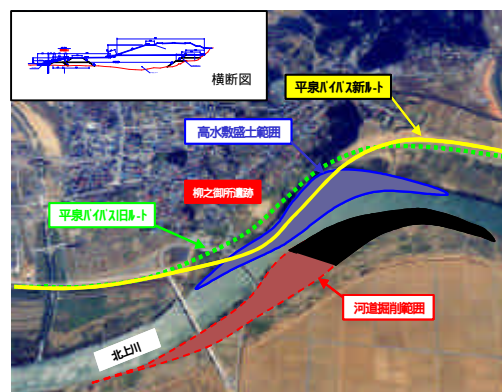
今回、水締め効果による「水中撒出し工法」での施工により、従来から一般的に行われている「仮締切による盛土工法」と比較した結果、必要な強度を確保しつつも、下表に示すとおり大幅な工期短縮とコスト縮減が図られた。

	「仮締切による盛土工法」(従来)	「水中撒出し(水締め)工法」(今回)
工期の短縮 …3箇年の工期短縮	工程 締切 水替 土砂運搬 敷き均し 締固め 右岸高水敷造成まで 4箇年を要す	工程 岩砕・岩ズリによる築島 左岸掘削河床材料 運搬 敷き均し 右岸高水敷造成まで 1箇年を要す
コストの縮減 …約3億円(工事費)超の縮減	工種 矢板締切+水替+締固め	左記の工種について、本工法において不要となるため縮減される

工期短縮・コスト縮減比較表

2. 柳之御所保存と水中撒出し検討の経緯

一関遊水地事業における平泉堤防は、無堤部解消の他、狭隘な市街地迂回を目的とした国道バイパスと併せた兼用堤である。旧ルートで施工の前に行われた文化財の発掘調査において、計画敷地内に藤原時代の政庁跡である柳之御所が確認されたことから、国土交通省（旧建設省）は、この重要性に鑑み、史跡を完全に避けることとし、平成7年に河川改修計画及び都市計画（道路ルート）を北上川の河道上に変更している。



平泉堤防施工概要図

また、平成13年度の予算化に際し、TC制度を利用し合理的な施工計画を再検討し、矢板締切を用いない、「水中撒出し工法」の具体化を図ったものである。

3. 検討内容

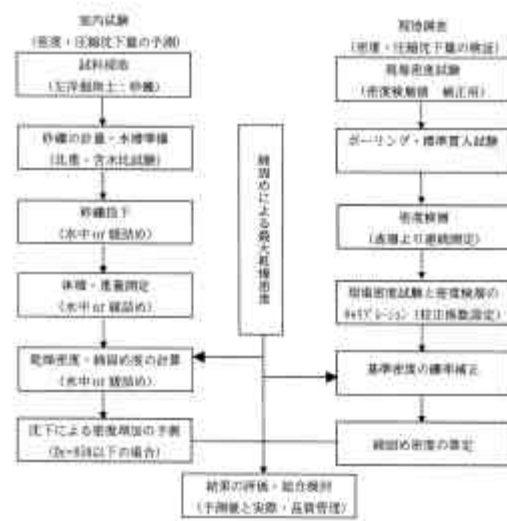
3.1. 室内試験

水中撒出し施工の可否を検討するため、事前に室内試験にて、河床掘削土による水中撒出しを再現し、水中での締固め度を予測する。

3.2. 現地調査

水中撒出しで造成した高水敷において、施工後に、ボーリング及び密度検層によりN値と現場密度を測定し、品質の確認と予測値とを比較する。

水中撒出しに対する事前検討 事後調査の流れ



4. 検討結果

4.1. 水中撒出し室内再現試験

4.1.1. 試験方法と最大乾燥密度の設定

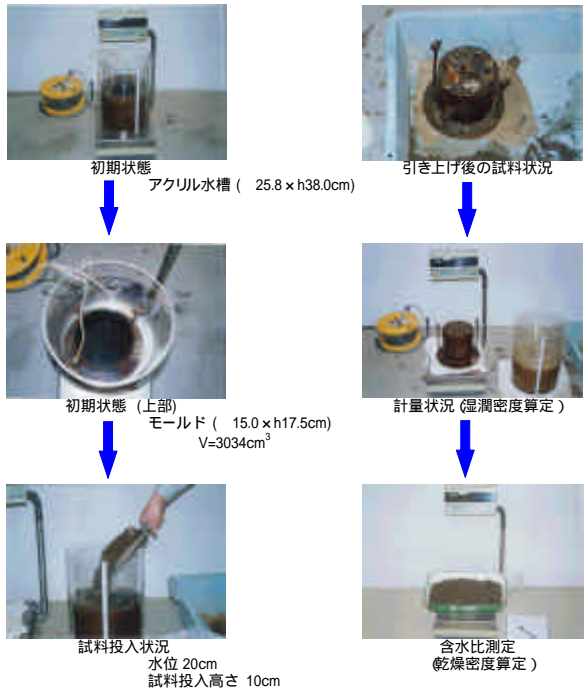
室内における再現装置を作成し、「東北地方整備局共通仕様書」による「突固めによる締固め試験」により求めた、最大乾燥密度 (ρ_{dmax}) を基準密度として、締固め度を算出した。

$$\text{締固め度 } D_c = \frac{\text{水中投入密度}}{\text{基準密度 (最大乾燥密度)}}$$

水中投入試験による密度・締固め度一覧表

試料番号	No.20(礫質土)	No.22+18(礫質土)
工区名	平泉・平泉下流	高麗
最大乾燥密度 ρ_{dmax} (g/cm ³)	2.022(基準密度)	2.006(基準密度)
水中投入密度・締固め度	試験状態	
	投入高 0cm	乾燥密度 ρ_d (g/cm ³) 締固め度 D_c (%)
	投入高 10cm	$\rho_d=1.896$ $D_c=92.3$
	投入高 30cm	$\rho_d=1.899$ $D_c=94.7$
投入高 10cm	$\rho_d=1.897$ $D_c=93.8$	$\rho_d=1.905$ $D_c=95.0$
投入高 30cm	$\rho_d=1.910$ $D_c=94.0$	$\rho_d=1.953$ $D_c=97.4$
最小密度(最小密度)	$\rho_d=1.416$ $D_c=70.0$	$\rho_d=1.567$ $D_c=78.1$

水中における密度の測定 (試験室による検証)



《結果》右岸高水敷造成には、対岸の河道掘削により生じる、河床材料の使用を予定していたが、礫質土が主体となっており、細粒分の混入が $F_c = 10\%$ 以下と少なく、全て締固め度 $D_c=90\%$ 以上を示した。

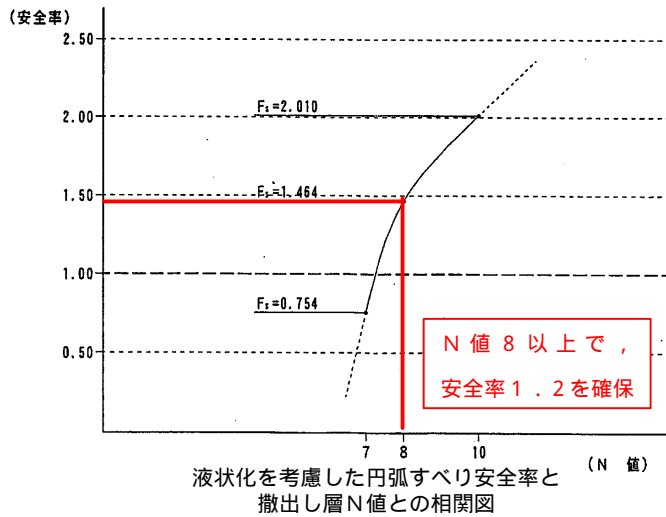
よって、「東北地方整備局共通仕様書」の河川土工の規格値である、最大乾燥密度の 85% 以上を満たすため、「水中撒出し工法」による施工が可能と判断した。

4.2 水中撒出し層の品質確保

4.2.1 必要N値・締固め度

水中撒出し層についての管理基準値について、耐液状化や堤体安定上の必要強度を算定し、前述の室内試験結果との比較を行うことで、水中撒出し施工の可否を検討した。

具体的には、液状化強度と密接な関係があるN値について、室内試験で得られた相対密度 D_r を媒介として、水中撒出し層のN値を想定した。



左図は、現地の材料を用いた試験データを基に液状化による過剰間隙水圧を考慮した円弧すべり安全率をまとめたものである。

同図から盛土の必要安全率 1.2 以上を満足するためには、N 値 8 以上が必要と判る。《結果》水中撒出し層のN値については、室内試験で得た相対密度 0.71(D_{c85}) ~ 0.4(水中密度)の範囲から、下表により、地盤N値 8 以上は十分確保可能と判断した。

砂の相対密度とN値、内部摩擦角の関係（地盤調査法：地盤工学会）

N値	相対密度(relative density) $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	内部摩擦角 ϕ (度)		
		ベックによる	マイヤーホフによる	
0~4	非常に緩い(very loose)	0.0~0.2	28.5以下	30以下
4~10	緩い(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以上	非常に密な(very dense)	0.8~1.0	41以上	45以上

4.2.2 沈下量

「 e 法による沈下量の算定式」を基に作成した、右記の盛土高と沈下量の相関図にて、盛土高と予測したN値の関係から沈下量を予測した。

「 Δe 法による沈下量の算定式」

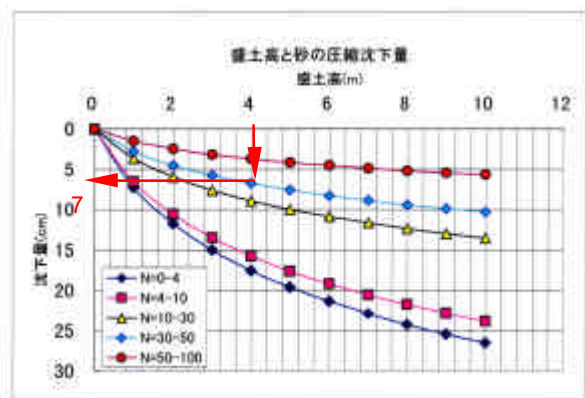
$$S = \left\{ \frac{(e_0 - e_1)}{(1 + e_0)} \right\} \cdot h$$

S : 沈下量 (m) , h : 圧密層厚 (m)

e_0 : 初期空隙比

e_1 : 圧密後の空隙比 (圧密荷重 $\sigma' + \Delta p$ での空隙比)

(道路土工 軟弱地盤対策工指針：(社)日本道路協会)



沈下量とN値の関係

No.20 水中撒出し層厚 5.0m (N < 50 区間)

《結果》4m 盛土し、予測したN値 (30 ~ 50) になったと想定したとき、水中撒出し施工後の沈下量は、約 7 cm と予測した。

4.3 現地試験

水中撒出し層の密度を確認するために、高水敷造成箇所、ホ-リング孔においてRIを用いた孔内検層を行った。また、N値、沈下量等についても、現地測定を行った。

試験結果による実測値と予測値の比較結果を下表に示す。

締固め度・N値・沈下量の予測値と実測値

	締固め度	N値	沈下量
	Dc(%)	(回)	(cm)
最大密度	100.0	-	-
予測値	92.3	30~50	7
実測値	95.5	15	4.3

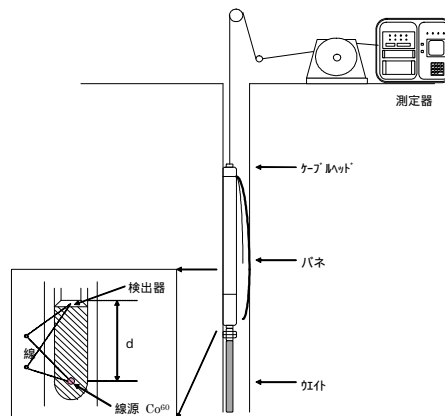
《結果》室内再現試験による予測値と、撒出し施工後の実測値について、

締固め度は、大差がなかった。

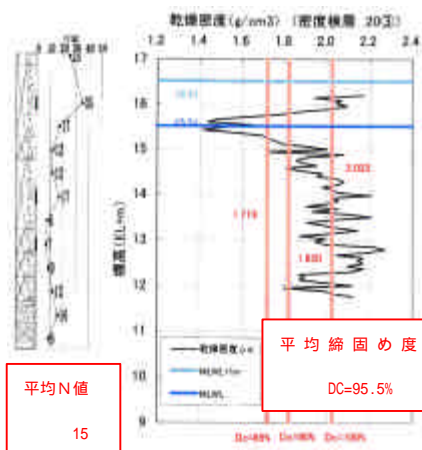
N値は、標準貫入試験等にて行ったが、予測値に比べ実測値を下回った。地上と比較し、水中ではN値が低くなる傾向が見られたが、必要とする値を確保できている。

沈下量は、沈下板で観測を行ったが、大差がなかった。

また、機械による締固めを行っていない、河床~MLWL+1mまでの範囲で、「東北地方整備局共通仕様書」の河川土工の規格値である、最大乾燥密度の85%以上を満たしている結果から、水中撒出し（水締め）の工法は、使用する材料により、有効的な工法であることが確認できた。



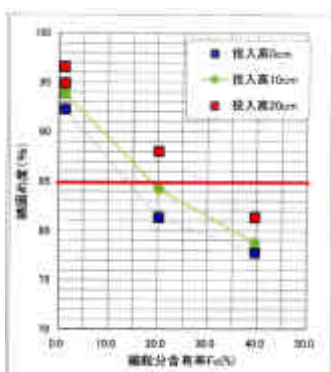
密度検層概念図



密度検層結果図（平泉工区）

5. 「水中撒出し工法」にあたって、材料と強度の定量化

5.1 水中投入により、締固め度Dc85%を確実に得るには？



施工状況(BD押出)を考慮した場合、水中投入により締固め度Dc85%以上を確実に得るために、

平均粒径D50 > 2mm

細粒分含有率Fc < 10%

が必要条件と考えられる。

粒度特性と水中投入試験による密度の関係

6. おわりに

柳之御所跡は、北上川の水衝部にあたるため、長年に渡り浸食され、一時、遺跡は、川によって流されたと思われていた。今回、遺跡保存のため、河川を約130m左岸へ寄せる工事を当初の予定期間を大幅に短縮し実施するにあたり、盛土の強度、安定といった施工管理の面を中心に検討を行いとりまとめたものであり、今後の参考となれば幸いである。

神奈川県津久井地域における白地地域の形態制限に関する考察

神奈川県都市計画課 副技幹 大島 伸生

1. はじめに

平成13年に都市計画法、建築基準法が改正され、用途地域の指定のない地域(以下、白地地域という。)に関する都市計画のメニューが追加された。その中で、**建築形態制限**(建ぺい率、容積率、隣地及び道路斜線制限、日影規制)は様々なバリエーションが用意され、**地域の実情に合ったきめ細やかな数値設定が可能**となった。神奈川県としては、平成13年度に制限値設定に関するガイドラインを策定し、平成14年度に各市町が指定素案を作成した。その素案を調整した原案を基に、都市計画審議会の議を経て県が建築形態制限値の指定をすることとなる。

神奈川県北部に位置する津久井郡の非線引き都市計画区域の白地地域は、**県内他市町にはない地域特性**となっている。例えば神奈川県西部に位置する山北町、真鶴町、湯河原町などは白地地域にはほとんど可住地がなく住宅等のまとまりはない。また、箱根町は白地地域に住宅等のまとまりがあるが公園等の法規制のもとに一定の秩序が保たれている。しかし、津久井郡の3町(津久井町、相模湖町、藤野町)は、白地地域に**住宅等のまとまりが広く分布**しているものの自然公園法等の法規制がなく、箱根町のように一定の秩序が保たれているとは言えない。このように県内他地域と異なった地域特性となっている津久井郡において、**本来ふさわしい建築形態制限はどのようなものであるか**調査検討した。

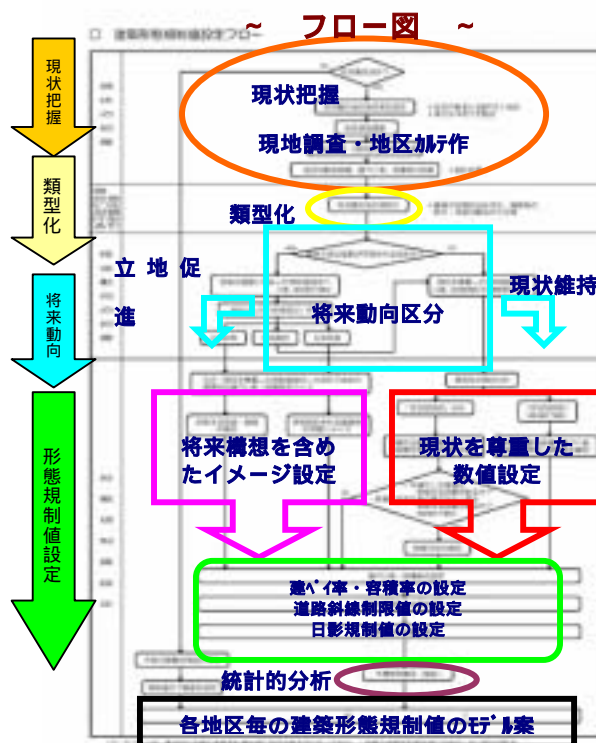
なお、地域の実情をよく知っているのは基礎自治体である町の職員であることから、調査検討は津久井郡4町(城山町、津久井町、相模湖町、藤野町)の職員と県職員が勉強会を組織し共同で進めた。本稿はその勉強会で得た知見を整理したものである。

2. 白地地域の調査検討内容及び結果について

調査検討は、「現状の把握」、「現状における地区類型化」、「将来動向の把握」、「形態規制値設定」という**4段階のフロー**を設定し、これを基に行った。

2.1 現状の把握

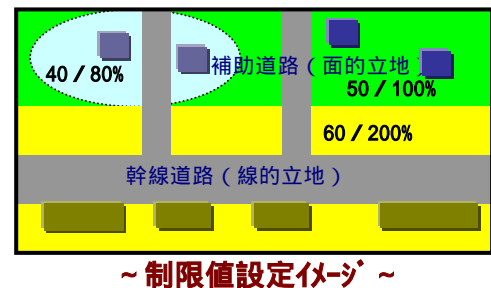
現状の建築物の形態、立地状況を把握するため、4町職員と県職員が二日間にわたり各町の住宅集住地(以下、地区という。)毎に現地調査を行った。それと前後して、**地区カルテ**を作成し各地区の現状及び課題・問題点を整理した。地区カルテは住宅



建ぺい率、容積率の設定に当たっては、2.3で設定した現状維持型の地区(将来構想の位置づけがない地区も含む)、立地促進型の地区及び立地抑制型の地区に大別して考えた。

3.1.1 現状維持型地区の適正(理想的な)建築形態制限値の設定

建ぺい率、容積率の設定に必要な要素として、敷地面積、建築面積、延べ面積、階数倍率の4つの要素がある。サンプリングデータから地区類型別に平均値及び標準偏差を求め考察した。建ぺい率、容積率の現状は、各類型ともほぼ30~40%、40~70%の範囲内であった。それぞれの地区において、建ぺい率、容積率の大きさを比較すると、(面的立地) < (線的立地)、(既存集落地) < (新興住宅地)、(専用住宅型) < (店舗事務所併用型)の大小傾向がみられた。この他、敷地面積、階数倍率等についても同様の現状分析を行った。地区類型別の統計値と建築物の新旧・用途上の分類、集落形成上の分類などの現状分析結果より、現状の建築形態を維持していくことが可能な適正(理想的な)建ぺい率、容積率を設定した。その結果は概ね右図のとおりである。

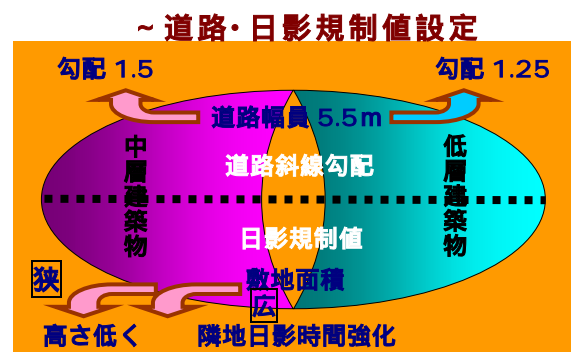


3.1.2 立地促進型及び立地抑制型地区の適正(理想的な)建築形態制限値の設定

立地促進型の地区は、将来計画等に基づく街並み、建築物をイメージしケーススタディを行い、建ぺい率、容積率を設定した。立地抑制型とした地区は、将来計画を今後進展させるために意図しない建築物の立地を、あえて当面の間抑制しておくことを意図しているため、抑制すべき用途、抑制期間、さらには将来計画実現時における将来目標値を検討した上で、抑制型の建ぺい率、容積率を設定した。

3.2 道路斜線・隣地斜線・日影規制の設定

白地地域は用途地域内に比べて土地利用の密度が低いことから、2階建て以下の低層建築物で占められている。このような低層建築物を主体とした街並みを維持していくには、道路斜線制限の強化及び日影規制の適切な指定が不可欠であると考えられる。しかし、白地地域を一律に規制強化した場合、用途上合理性に欠ける点や、既存不適格の発生という問題が考えられる。そこで、幹線道路沿いで店舗事務所の立地可能な地区や木造3階建を容認する地区といった、いわば中層建築物を立地してよい地区と、主に低層建築物を誘導する地区に大別して考えた。



3.2.1 道路斜線制限の検討と形態制限値設定

道路斜線制限の趣旨は、道路上空をある角度でもって確保し、日照、採光、通風等の環境を確保するものである。これは、換言すればある程度の道路幅員があれば中層建築物を立地しても、道路上の空間が適正に確保されると考えられる。そこで、低層建築物

が立地し道路斜線勾配 1.25 とした場合、道路上空の空間が適正であると思われるケースをモデル化した。それをもとに、中層建築物が立地し道路斜線勾配 1.5 とした時に、モデルケースと道路上空の空間環境が同等と思われる道路幅員を逆算した。その結果、道路幅員 5.5m 以上あれば中層建築物を立地しても道路空間上の環境が概ね確保できると考え、道路幅員 5.5m を基準に考えることとした。中層建築物が立地してよい地区については、道路幅員が 5.5m 以上ある場合には、道路斜線勾配 1.5 に設定することとし、幅員 5.5m 未満である場合には、原則 1.25 を設定することとした。低層建築物を誘導する地区については、原則道路斜線勾配 1.25 を設定することが妥当であると判断した。

3.2.2 日影規制の検討と形態制限値設定

日影規制の影響を受けるのは、主に**中層建築物の立地を容認した地区**である。また、その中でも**各地区の平均的な敷地面積**によって、制限値設定が変わってくると考えられる。そこで、中層建築物が立地してもよい地区について、敷地面積にゆとりがある場合には隣地に落とす日影時間の強化を考え、敷地面積にゆとりがない場合には建築物の高さを低く抑える制限値設定が望ましいと判断した。

3.2.3 隣地斜線制限の検討と形態制限値設定

隣地斜線は「31m + 2.5」、「20m + 1.25」のいずれから指定することとなっているが、津久井郡の白地地域では 20m (およそ 6 ~ 7 階建てに相当) を超える建築物の立地は想定されないため一律 20m + 1.25 の規制値を選択することが妥当と判断した。

4. 考察

津久井郡 4 町、中でも津久井町、相模湖町、藤野町の 3 町は、非線引きの都市計画区域のうち白地地域が大半を占めており、これまでは**都市計画的な規制が弱い**一方で、東京への通勤圏に位置するため**開発圧力が強く**、農耕地の隣接地に狭小敷地の住宅分譲が進むといった、**既成市街地の縁辺部が抱える問題点の縮図**のようになっていた。

こうした状況を踏まえ建築形態制限の方法を検討してきたが、まず地域構造について詳細に分析することから始めた。それは、地域の生い立ちを含めた地域構造が明らかになることで、それに地域の将来計画をオーバーラップさせることにより、望ましい建築形態制限の姿が浮かび上がってくると考えたからである。その結果、現在同じ形態制限がされている地区でも将来動向を踏まえると異なる制限値が望ましいことや、地区の将来計画実現のためには制限値を抑制しておくべきであることが明らかになった。

また、現在建築形態制限に関する各町素案は県原案へと高まっているが、その内容は本調査検討の結果とは異ってきている。これは各町が現在の制限値との一貫性、継続性、及び行政判断といった要素を加味したため、現実的な指定案となっている。しかし、津久井郡の地域にとって本当にふさわしい**建築形態制限値とはどのようなものか事前に議論を深めておいた**ことで、各町の素案づくりがスムーズに進んだと言える。

5. 今後の課題

本考察の有用性を検証するため、神奈川県津久井地域で行った本調査検討を他地域においてスタディしたり、本考察で得られた知見をまちづくりにおける様々な局面において戦略的に活用することが必要である。

発生木材の新たな活用について

中部地方整備局多治見砂防国道事務所
調査設計課 設計係長 中川哲也

1、はじめに

道路整備を含む建設事業は、我が国の資源利用量の約40%を消費するとともに大量の産業廃棄物を発生させており、最終処分量の約30%にまで達している。

リサイクル法の施行後、「リサイクル原則化ルール」の周知徹底や、建設副産物適正処理推進要綱の遵守徹底など様々な施策により、一定の成果を上げているものの、建設発生木材などのリサイクルについては目標を大きく下回っているのが現状である。

本報告は、建設廃棄物の中でもリサイクルの進展していない建設発生木材について、リサイクル製品の活用事例を紹介すると共に、建設発生木材を活用したリサイクル製品に関する評価のあり方を提案するものである。



写真－1 東海環状自動車道ルート状況

2、東海環状自動車道における建設発生木材リサイクル対策状況

東海環状自動車道は愛知・岐阜・三重の3県を結ぶ延長約160kmの名古屋都市圏の環状道路であり、その一部である東部区間の延長73kmについては、中部新国際空港開港及び愛知万博開催と同時期の供用を目指し工事を進めている。この内当事務所が担当する区間は、岐阜県内の延長19.6kmでそのほとんどは山間部を通過(写真－1)している。工事により地形を改変する面積は約70万m²で、その工事に伴う立木伐採により約10万トンの建設発生木材が発生する。

この大量に発生する建設発生木材のリサイクルについて、リサイクル基本方針の3項目で整理すると、「発生の抑制」については、計画段階でトンネル及び橋梁構造を採用することにより地形改変を極力抑え建設発生木材の発生抑制を図っており、「適正処理の推進」については、全て木材チップ化され適正な処理が行われている。しかし「再利用の促進」については建設発生木材を仮設遮音壁等の材料(写真－2)として工事間で利用されているものの活用事例は少なく、「再利用の促進」を積極的に実施しているところまでには至っていない。



写真－2 現場活用例(仮設遮音壁)

3、バイオマス技術の活用

東海環状自動車道における建設発生木材のリサイクルにおいて、残された課題である「再利用の促進」について、今後、リサイクル対策を進めるための方策としてバイオマス技術の活用を検討した。

バイオマス技術は生物由来の資源を活用する技術で、東海環状自動車道においては木質のバイオマス技術によるバイオマスボードというリサイクル製品の活用を実施した。

3. 1、バイオマスボードとは

バイオマスボードとは伐採木などによる木材チップを、化学薬品を一切使用せず、木固有の成分であるリグニン、ヘミセルロースといった接着成分を活かし高圧水蒸気で圧縮成型加工（図-1）したものであり、有害な物質を一切含まず環境に負荷を与えない純木質のリサイクル製品である。



図-1 バイオマスボード製造工程

3. 2、バイオマスボードの従来の活用方法

これまでバイオマスボードの一般的な活用例として、道路の路肩部などに防草マットとして使われることが多く、従来のビニル系の防草マット製品と比較するとバイオマスボードの製品単価（約 4,000 円/m²）は、ビニル系マット（約 1,000 円/m²）の4倍程度高く、耐久性も劣ると考えられ、バイオマスボードの普及は進んでこなかった。その原因として、バイオマスボードの5年で腐植し土に還るという特性が防草マットとしてデメリットとして評価され、多くの特性があるにもかかわらず、その特性を活かした活用がされなかったためと思われる。

バイオマスボードの活用を進めるためには、特性を十分活かした利用価値の高い新たな活用方法が必要である。



写真-3 バイオマスボードの従来工法

バイオマスボードの特性

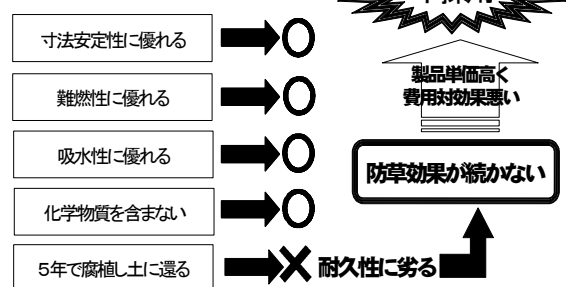


図-2 バイオマスボードの従来評価

3. 3、ドングリ苗木植樹における活用

バイオマスボードの特性を活かした新たな活用方法として、東海環状自動車道の法面緑化におけるドングリ苗木植樹での活用を実施した。

3. 3. 1、活用の考え方

コナラ等のドングリの苗木は、草本類に比べ成長が遅く1年程度育苗した苗木では、まわりの草本類に被圧され生育できない可能性が高くなる。一方2、3年間育苗した大きな苗木を利用すれば、草本類に被圧される可能性は低くなるものの、苗木の活着率も低下してしまい、また、長期間育苗のための維持管理や植樹の作業が多大な労力となる。

ドングリ苗木植樹に対する課題を解決するため、図-3に示すような目的のためにバイオマスボードを利用し、苗木の樹高が低い1、2年間は防草マットとして草本類の繁茂を抑制し苗木育成を助け（写真-4）、苗木が草本類に被圧されない樹高に育成する3年後は腐葉土化し苗木にとっての栄養とさせるという二つの目的で活用を実施した。

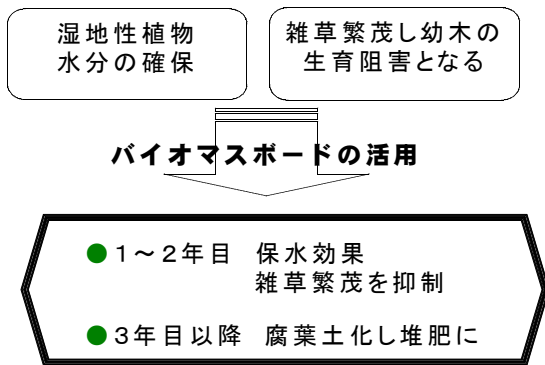


図-3 ドングリ苗木植樹の考え方



写真-4 バスターボード布設状況

苗木植樹10ヶ月後の状況（写真-5）を見ると、苗木の周りに草本類が繁茂しておらず、苗木育成状況は良好で、バイオマスボードは防草マットとしての機能を果たしていることが確認できる。なお、堆肥効果については今後確認していく必要がある。



写真-5 苗木植樹10ヶ月後の状況

3. 3. 2、活用方法の評価

このドングリ苗木植樹でのバイオマスボードの活用方法は、防草効果に加え、これまで5年で腐植し土に還り耐久性に劣ると評価されていた特性を堆肥効果として活用することにより利用価値、費用対効果が高まり、バイオマスボードの活用が十分可能になると評価することができる。

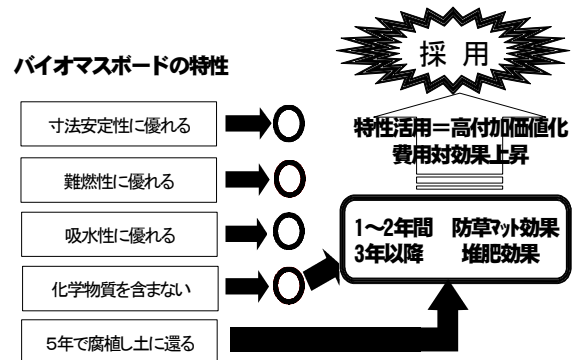


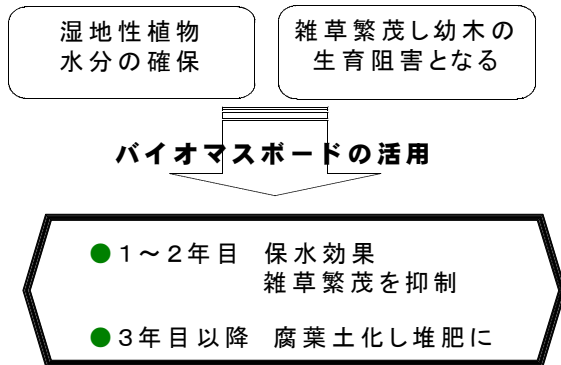
図-4 バイオマスボードの新たな評価（その1）

3. 4、貴重植物移植における活用

ドングリ苗木移植と同様の事例として、貴重植物であるシデコブシの工事実施に伴う移植において、移植幼木周辺にバイオマスボードを布設を実施した。

3. 4. 1、活用の考え方

シデコブシは湿地性の植物であるため、バイオマスボードの吸水効果により湿地環境の確保のための手助けとなり、防草効果により雑草の繁茂を抑えシデコブシ幼木の生育をを保護する。

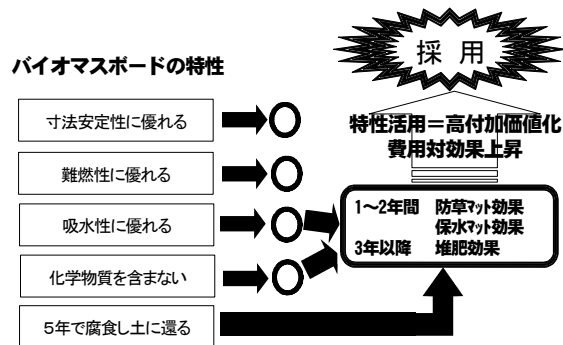


図－5 シデコブシ移植活用の考え方

写真－6 シデコブシ移植状況

3. 4. 2、活用方法の評価

この貴重植物移植でのバイオマスボードの活用方法は、防草効果、堆肥効果に加え、吸水性に優れる特性も活用することにより、利用価値、費用対効果が高まり、バイオマスボードの活用が十分可能となると評価することができる。



図－5 バイオマスボードの新たな評価（その2）

4、おわりに

今後も建設リサイクルを推進するためには、我々技術者が各リサイクル製品の持つ特性を十分理解し、その活用方法をマネジメントしていく必要があると考える。

ある特性を一面的にデメリットと判断し、従来の利用方法に固執してしまうのではなく、多面的に考えることによりメリットとして捉え、新しい活用方法ができないかを議論していくことも、さらなるリサイクルの推進には必要と思われる。

木質バイオマス技術は、報告した事例の他にも、伐採木丸太を切断することなく角材に圧縮成型する技術も開発されており、現在、この技術の活用方法を検討中であるため、別の機会に報告できれば幸いである。

最後に、本報告を取りまとめるにあたり、御協力をいただいた岐阜大学農学部棚橋教授をはじめ関係各位に感謝の意を表す。

大橋川における流動特性

中国地方整備局 出雲河川事務所 水質保全課 前中隆文

【要 旨】

連結系汽水湖である中海・宍道湖では、大橋川を通じて中海から塩水が宍道湖へ流入している。塩水の流入は、宍道湖の汽水環境に影響を与える現象であり、大橋川での塩水の流動特性を明らかにすることは宍道湖及び中海の湖沼管理に有効である。そこで、流動特性の実態を把握するために、大橋川周辺の水温、塩分、水位、流量の観測結果をもとに、大橋川流動・塩水遡上特性について整理した。

1、概要

大橋川の塩水遡上形態は、中海と宍道湖の水位差と中海塩分成層界面の変動等の影響を受けると考えられる。本研究では、中海と宍道湖の水位差による塩水遡上について、既設の水位・水質・流量自動観測及び大橋川において水位変化・塩水遡上状況の連続調査結果から、水位差による流量変化・塩分濃度変化及び遡上形態、長期変動特性、短期変動特性に着目して整理した。

2、大橋川における流動特性整理

2.1、水位差と流量の関係

大橋川逆流の実態把握のため、八幡・松江の水位と上流部の松江流量観測所の流量（図1）をもとに中海・宍道湖の水位差と流量の関係について調べた。（図2、図3）

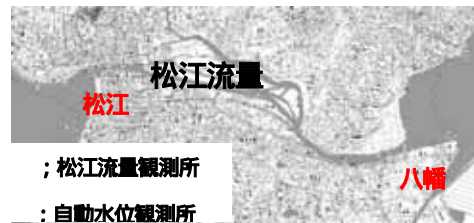


図1 水位、流量観測地点

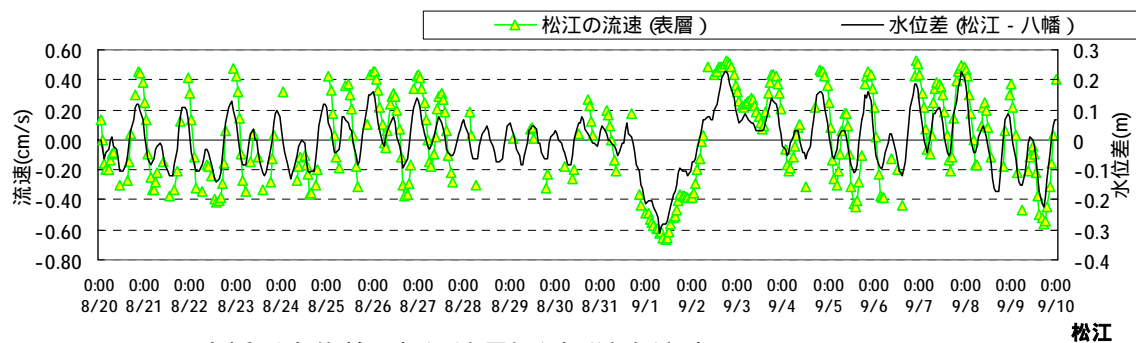


図2 大橋川水位差と松江流量観測所流向流速

図2より、八幡の水位が上昇し水位が逆転した時には、上流部である松江流量観測所の流速が逆転しており、中海と宍道湖の水位逆転により大橋川では逆流が日常的に生じているといえる。

図3より、順流（水位差プラス）の場合及び逆流の場合（水位差マイナス）に、水位差と流量は概ね比例関係を示しており、大橋川が逆流を生じやすい河川であるといえる。

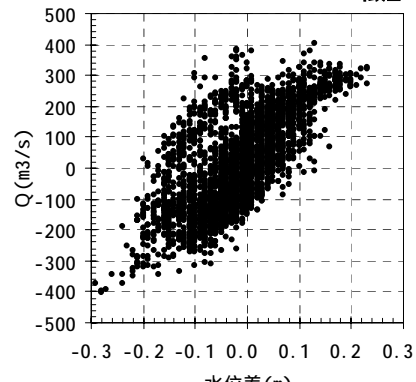


図3 流量と水位差の関係

2.2、中海・宍道湖の水位差と塩分遡上の関係

逆流時の塩水遡上与中海・宍道湖の水位差の関係を把握するために、水温塩分計を宍道湖(S-1)、大橋川(O-1)・大橋川湾曲部前(O-3)・後(O-4)・狭窄部(O-5)・中海東岸(O-7)に設置して、平成14年8月16日から9月17日に連続的に水温・塩分を観測した。観測地点を図4に示す。塩分濃度と上下流における逆流時水位差積分の関係を図5に示す。

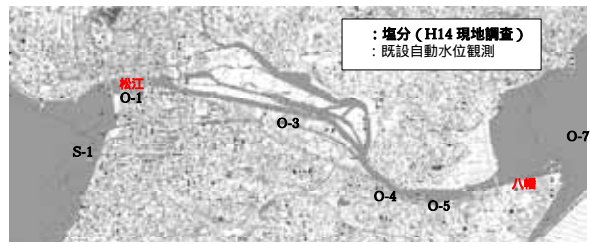


図4 大橋川水位・塩分観測地点

図5より、水位差積分が大きいほど大橋川の塩分濃度のピークは中海の塩分濃度に近づくことがわかる。また、表層の塩分濃度は、O-4地点より水位差積分と比例関係にあり、底層の塩分濃度は、O-1地点より上流で水位差積分と比例関係にあることより、大橋川の塩水遡上形態は一様ではないといえる。

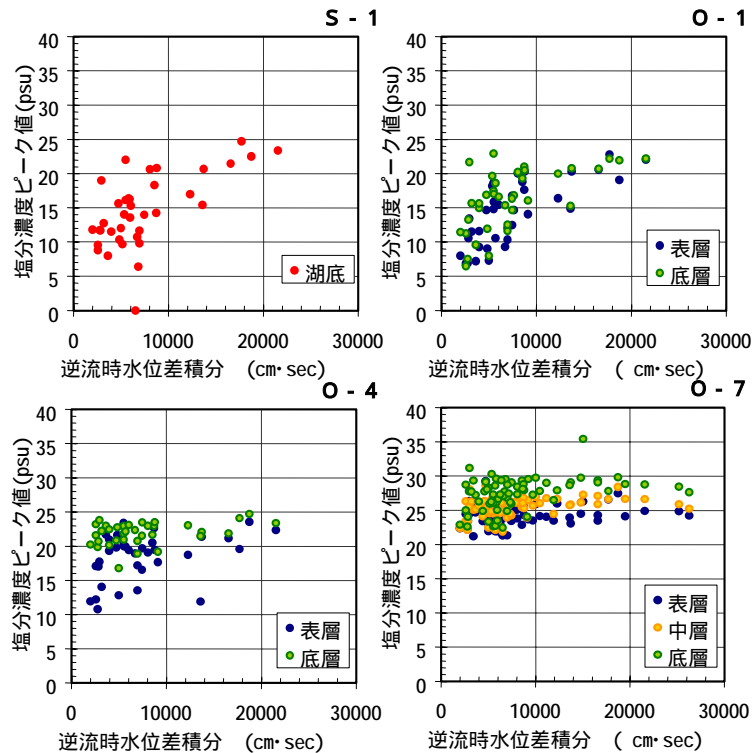


図5 塩分と逆流時水位差積分の関係

2.3、大橋川の塩水遡上形態

大橋川の塩水遡上形態について把握するために、大橋川において縦断的に設けた側線上の13地点で2時間おきに塩水遡上の鉛直分布の連続観測を行った。

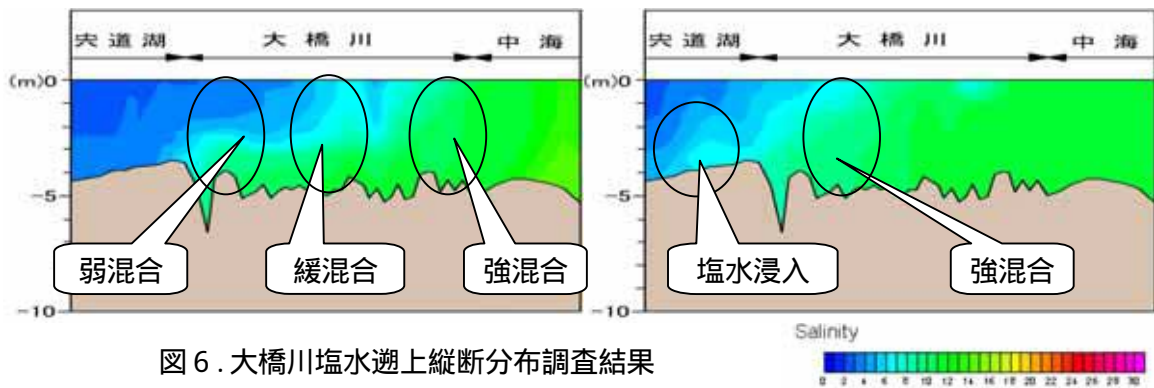


図6 大橋川塩水遡上縦断分布調査結果

図6より遡上形態は一様ではなく、底層部が先行して遡上し、塩水遡上先端部は「弱混合」で、その後方に「緩混合」～「強混合」の塩水塊が続いている状況が確認された。

2.4、長期変動と塩分遡上

年間を通じての水位の変動と塩分遡上の実態把握のため、水位差（松江 - 八幡）と上流部での塩分濃度の関係を 2002 年 1 月から 12 月までを対象として調べた。

図 7 に松江と八幡の年間水位変動及び中海気圧変動を示す。

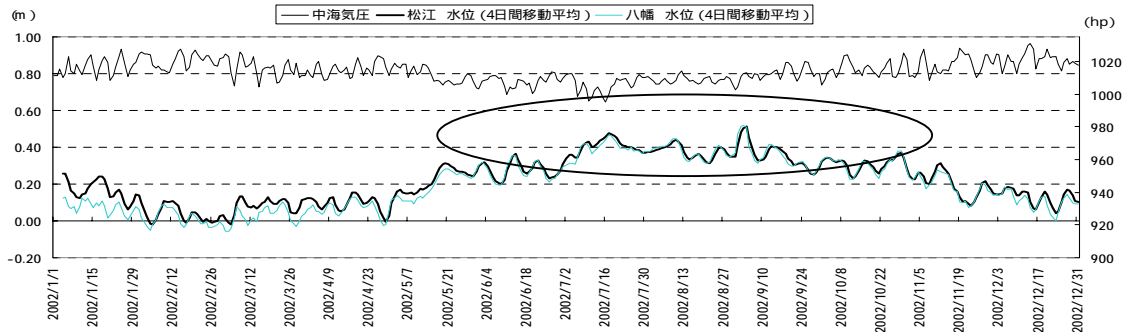


図 7 . 中海気圧と松江・八幡水位の年変化

図 7 より、気圧の影響により水位変動が生じることがわかる。また、年間を通してみると、水温上昇・太陽の引力・気圧の低下等による平均水位の上昇がみられる。

図 8 に気圧変化と水位差（松江 - 八幡）の関係を示す。

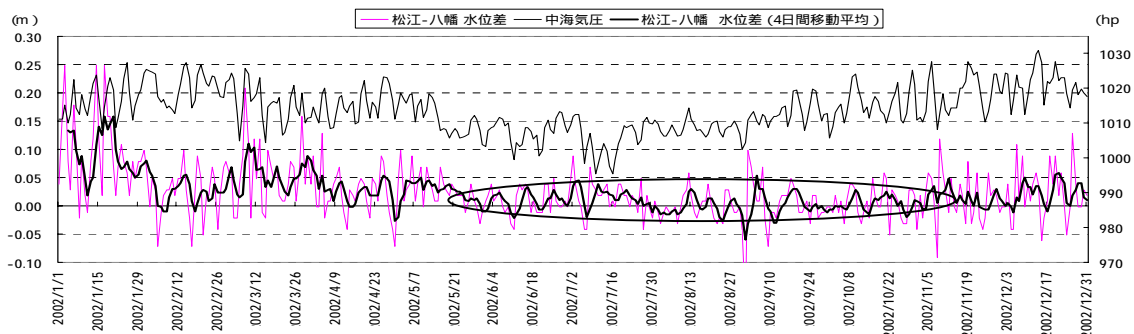


図 8 気圧変化と水位差（松江 - 八幡）の関係

図 8 より、夏から秋にかけては中海と宍道湖の水位差が小さく、水位の逆転が生じやすい状況にあるといえる。

松江・宍道湖湖心（底層）の塩分濃度変化を図 9 に示す。

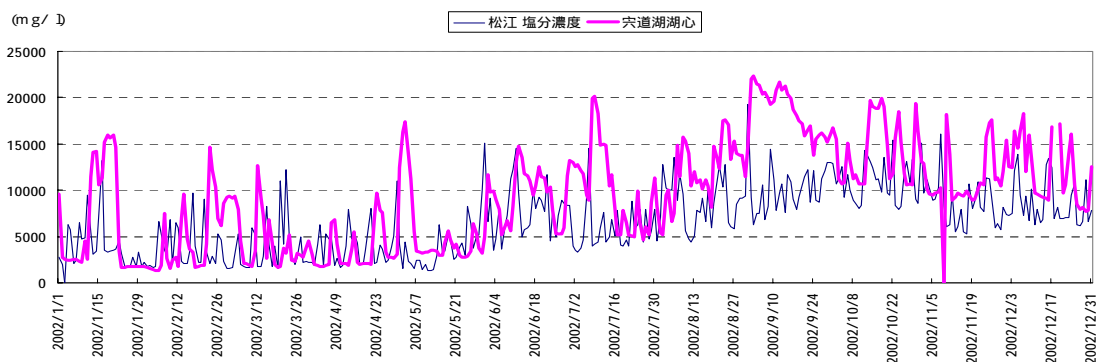


図 9 松江・宍道湖の塩分濃度(2002)

図 8 より、水位逆転により松江の塩分濃度が上昇しそれと共に宍道湖湖心の塩分濃度も上昇している状況が確認された。

2.5、短期変動と塩水の遡上

日単位での水位変動による塩水遡上の実態把握のために、宍道湖湖心の気圧・美保関水位・大橋川の水位差・大橋川上流部の塩分の時間変化について平成12年4月1日から平成12年4月15日の観測データにより調べた。(図10)

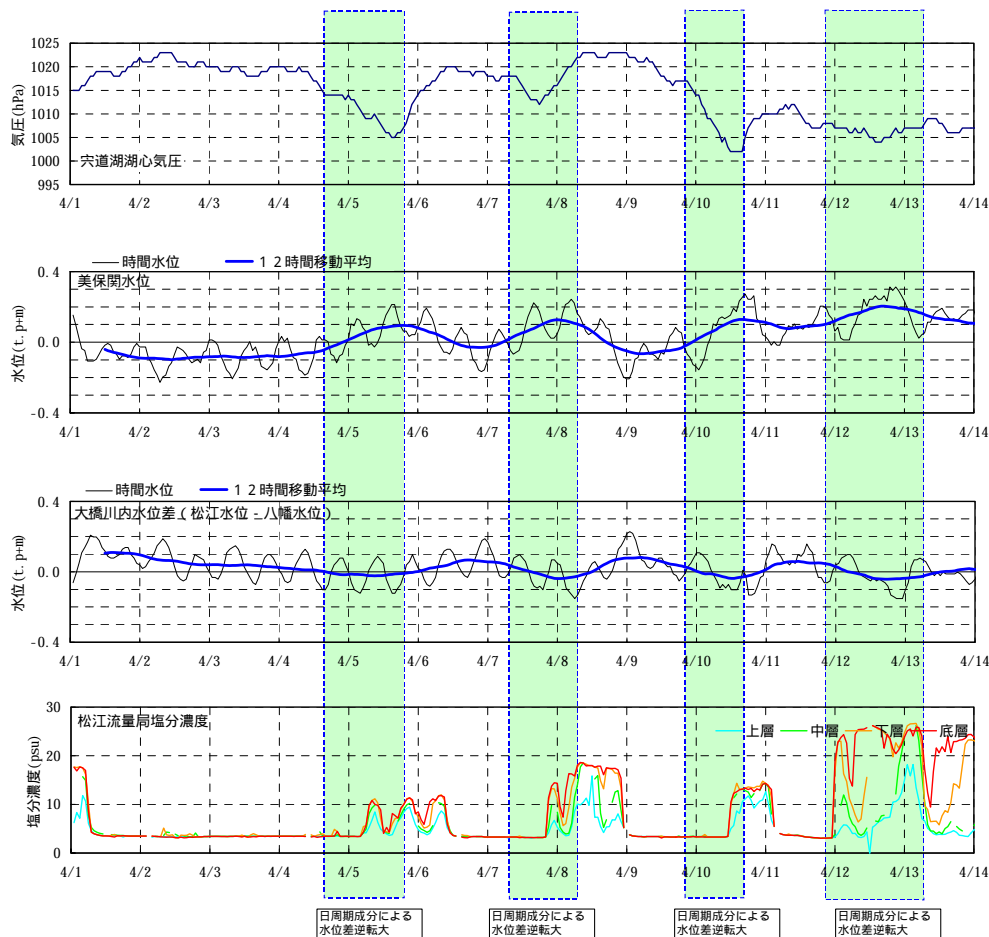


図10. 日周期潮と松江塩分の関係

天文潮での水位変化だけでは塩水遡上は生じていないが、気圧低下等により水位逆転が長く生じる場合に塩水が遡上していた。

3、大橋川における特徴的流動特性について

- 1) 水位の逆転による逆流現象が日常的に生じている。
- 2) 塩水遡上範囲は水位差時間積分の大小により規定できるものと思われる。
- 3) 大橋川の塩分遡上形態は一様ではなく、先端部が弱混合でその後方に「緩混合」～「強混合」の塩水塊が続いていることが多い。
- 4) 天文潮での水位変化だけでなく、気圧低下等により水位逆転が長く生じる場合に上流端まで塩水遡上するものと思われる。

4、今後の課題

本研究で得られた知見については、今後の中海・宍道湖の湖沼管理の基礎情報として有効に活用できるものと考えている。ただし、遡上してくる塩水の質に影響を与える中海塩分成層界面の変動について今後新たな調査が必要となる。

環境に配慮した函渠の施工とその効果(一般国道 334 号浦士別道路)

北海道開発局 網走開発建設部 網走道路事務所 工事課 原 一浩

1、はじめに

本報告は、平成 11 年度に、浦士別道路のオンネナイ川横断部に施工した函渠及びその取付水路について、その後の環境復元及び保全効果の確認状況を紹介するものである。

通常、道路が河川を横断する場合、その構造は橋梁形式とするのが一般的であるが、横断する河川の川幅が狭い場合には、治水・維持管理面や経済性を考慮し、函渠形式を採用する事例が多い。しかし、河床をコンクリート化する函渠工には、川幅拡幅による水深低下、流速の上昇、瀬・淵の喪失、函渠接合部における河床の洗掘など、魚類の生息や遡上に対して支障をきたす問題点も発生しやすい。

そこで、本施工では、環境(特に魚類の生息環境)や景観に配慮した函渠と取付水路の施工を試み、以下の項目を留意点として、その環境復元状況と環境保全効果について確認調査を実施した。

魚類の生息を可能とする函渠の断面形状

取付水路における魚類生息環境(瀬・淵)の創出と水辺植生の復元

多自然型工法採用による改修区間(函渠及び取付水路)の準自然的河川形態の形成

2、函渠及び取付水路の概要

2.1、事業対象河川と施工箇所

北海道網走市と小清水町の境界のオホーツク海岸に位置する濤沸湖(とうふつこ)に流入するオンネナイ川(流域面積 19.4km²、流路延長 13.3km)が本事業の対象河川である(図 - 1)。

事業は、一般国道 334 号(浦士別道路)の改良にあたり、オンネナイ川を横断する箇所において函渠を改築するものであり、濤沸湖からオンネナイ川にかけて生息する魚類の生息・遡上に配慮した函渠施工を実施している。

また、本事業の施工箇所一帯は自然河川の状態(流路の蛇行、河岸部におけるヤナギ類の繁茂等)を残していることから、改築函渠に前後する新水路(取付水路)についても、準自然的河川形態を形成すべくその施工を実施している。

2.2、函渠及び取付水路の施工

表 - 1 及び図 - 2 に示すとおり、河川横断箇所の函渠では、設計基準より 100 年確率洪水流量の 1.3 倍が流下できる断面を確保し、取付水路では、有堤区間において 30 年確率洪水流量、無堤区間において現況流量が流下できる断面を確保している。

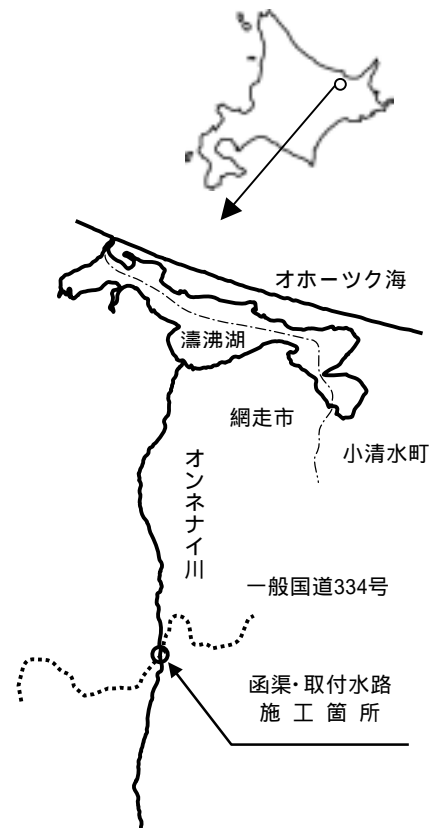


図 - 1 施工箇所

ただし、本施工箇所のように、河床勾配が急な上流域で、函渠の敷高を現況河川に合わせて施工すると、函渠内では水深の低下や流速の上昇、函渠と河川の接合部では洗掘による河床の低下が生じ、魚類の移動が難しくなる場合が多い。また、函渠につながる取付水路も、流量を確保するため断面を大きくすると、水深が低下し魚類の生息や移動が困難な状態となることから、以下の事項を留意点とし施工を実施した。

表 - 1 函渠及び取付水路の諸元

構造形式	函渠 (直接基礎)	取付水路	
		有堤区間	無堤区間
延長(m)	76.00		
断面(m)	6.30(B) × 3.40(H)		
縦断勾配	1/130	1/130	1/130
設計通水量(m ³ /s)	75.0		
設計高水流量(m ³ /s)		50.0	3.0
設計低水路幅(m)		3.50	3.50
設計水深(m)		2.80	0.50

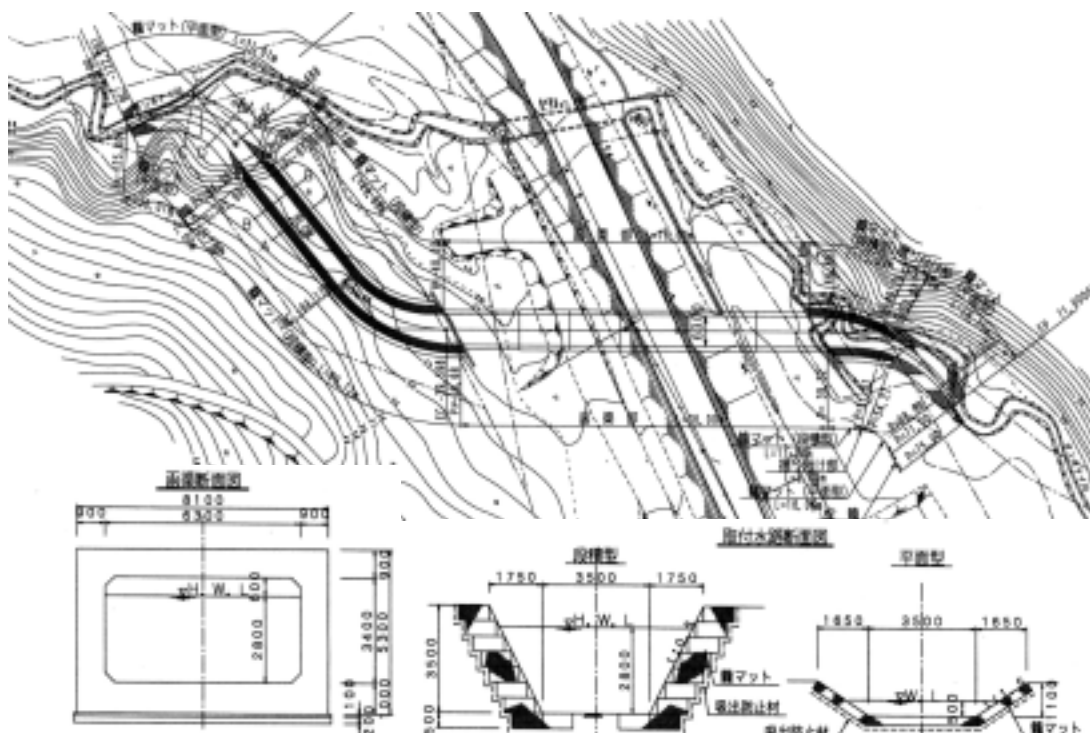


図 - 2 函渠及び取付水路の設計平面・断面図

2.2.1、魚類の生息・移動を可能とする函渠(図 - 3)

函渠内では、底部に切欠けを付けた隔壁を 10 ~ 13m 間隔で設け、魚類の生息・移動に必要な水深と適正な流速を確保し、また、流れに変化を持たせるため、隔壁の合間に積み石を配置した。

河川との接合部については、洗掘により河床低下が生じないように、函渠の敷高を計画河床高より低くしている。

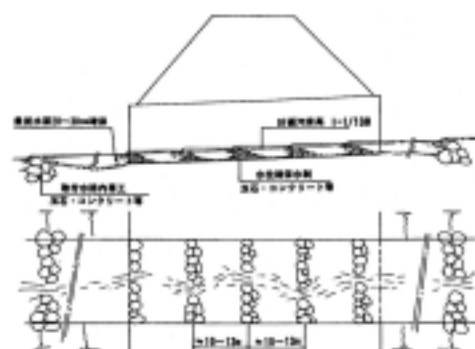


図 - 3 函渠の施工

2.2.2、魚類生息環境の創出と水辺植生の復元を可能とする取付水路(図 - 4)

河床には一定間隔で床固工(積み石)を設置し、河床低下や土砂流出を抑制するとともに、断面の急縮により水流に変化を与え、連続した瀬・淵環境を形成し、魚類の生息環境や移動

環境を整備した。

また、取付水路の護岸には、水辺植生の復元を図るため籠マット(段積型及び平面型)を採用し、植生土嚢で覆土するとともに張芝やヤナギの埋枝等の植生を行った。

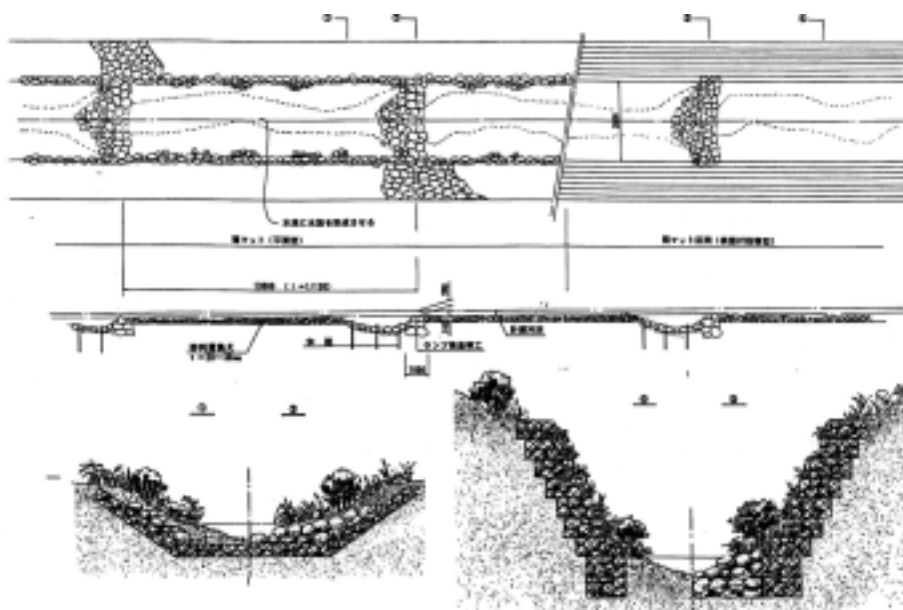


図 - 4 取付水路の施工

3、施工区間の現況

函渠と取付水路が施工されてから 2 年後及び 4 年後(平成 13、15 年)に、環境復元状況を確認するための調査を実施しており、以下にその状況を示す。

3.1、魚類生息状況

魚類の生息状況を確認するため、施工区間(函渠と取付水路)、上流(施工区間より約 50 ~ 500m 上流の未改修区間)、下流(施工区間より約 50 ~ 2,500m 下流の未改修区間)において、捕獲調査を実施した。なお、平成 15 年には、施工区間を函渠、取付水路上流、取付水路下流の 3 つに分け、調査を行った。

調査結果は表 - 2 に示すとおりで、両年とも、施工区間において魚類の生息が確認され、かつその魚類相が未改修区間である上下流部と同様のものことから、施工後、魚類にとって良好な生息環境が形成されていることが窺える。な

表 - 2 魚類生息状況

科名	種名	平成13年			平成15年			
		上流	施工区間	下流	上流	施工区間		下流
						取付水路 上流	函渠	
ヤマメナギ	スナヤマメ							
	ヤマメナギ科の一種							
サケ	アママス							
	ヤマメ							
ルビ	ウキコリ							
	ヌマチブ							

お、確認種の内、スナヤマメは絶滅危惧 類(環境庁レッドリスト 1999)に、ヤマメは留意種(北海道レッドデータブック 2001)に選定された着目すべき種となっている。

3.2、魚類生息環境の創出

施工区間では、以下に示すような流れの多様性が創出され、魚類の良好な生息・遡上環

境となっている。

3.2.1、函渠内

函渠内では、隔壁間に保持された上流域からの土砂と配置した積み石により、変化のある流れが形成されている。また、流心部では魚類の遡上に必要な水深(20～50cm)、流速(0.3～0.4m/s)が確保されている(図 - 5)。

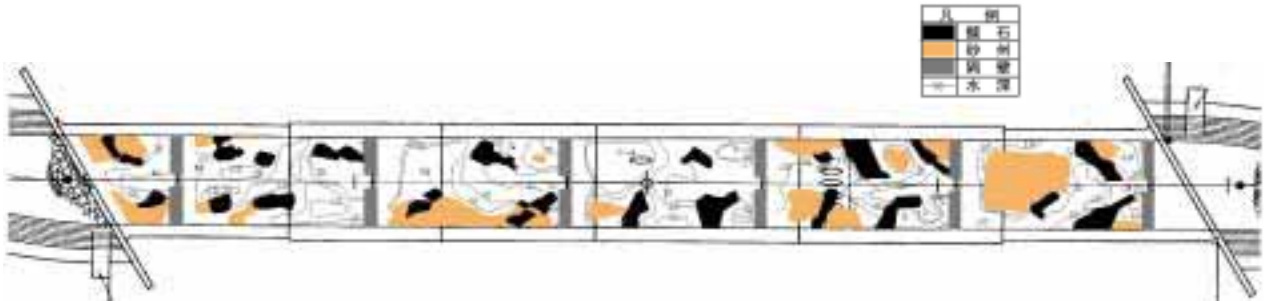


図 - 5 函渠内の堆砂状況及び流況(水深・流速)

3.2.2、取付水路

取付水路では、流水作用により床固工(積み石)出来型の一部崩壊がみられるが、小落差は維持され、その前後には瀬や砂礫州が形成されている。一部散逸した積み石は河岸に水制部や小規模なワンドを形成し、蛇行部では、流水の外側に生じる早い流れにより河床が洗掘され淵が創出されている(写真 - 1)。



写真 - 1 取付水路(下流側)における流れの多様性及び水辺植生の現況

3.2.3、水辺植生の復元

取付水路では、籠マット部に張芝した牧草種(シバムギ、カモガヤ等)以外にも、河岸部の水制部において、湿性土壌を好むアキタブキ、ミゾソバ、エゾノカワヂシャ、ノダイオウ等の草本類の自生も確認できた。また、埋枝した柳も 3m 前後に生長しており、水辺の植生は準自然的に復元している(写真 - 1)。

4、おわりに

自然環境に配慮した河川工作物としてオンネナイ川に設置した浦士別函渠は、その隔壁の機能により上流域からの土砂流出を抑制し、魚類の生息・移動(遡上)を可能としている。また、函渠前後の取付水路も自然な流況に任せた状態で、瀬・淵、水制部、小規模ワンドなど、多様な河川環境を形成している。