

# 自然的要因と社会的要因との複眼的視点に基づく 信濃川下流域県管理河川における水害対策の立案

研究代表者 新潟大学 災害・復興科学研究所 安田 浩保

## 1 はじめに

越後平野は、1.8万年前に始まった温暖化による海面上昇に起因して、信濃川や諸河川から流れ出した土砂が湾を埋め立てたり、海岸に砂州が作られたりして形成された。越後平野の南部一帯からなだらかな扇状地が日本海に向かって形成され、河口近くになると流路の河床勾配はほとんど水平に近くなる。扇状地の末端から新潟市中心部まで海岸低地が広がるが、この一帯はきわめて平坦かつ地盤標高が低く、通称ゼロメートル地帯と呼ばれる標高が海水面以下の地域が広く存在する。また、海岸線に沿うように砂丘列が発達していることも越後平野の特徴で、この砂丘列は内陸から海域への排水を阻害する形状となっている。このような地形形状の特性のため、河川からの氾濫が起きやすい。え、氾濫水は平地内に溜まりやすい。このため、人々の住居は河川に沿った小高い自然堤防に立地し、その周辺の平地の大部分は水田として用いられている。

現在の信濃川下流域は人口と資産が集中しているが、その水害対策は現状では計画規模の洪水に対してだけであり、計画規模を上回る大規模洪水の対策は明確に打ち出されていない。また、前述のとおり、地形特性ゆえに根源的な対策の立案は極めて難しい。

現在の水害対策の立案手法では、降雨量や氾濫原標高などの自然的要因のみが指標とされることがほとんどである。水害の規模と質は、土地利用や人口密度、資産密度などの社会的要因と密接な対応関係があることは定性的には知られている。その典型的な対応関係としては、水田から転用された住宅地の水害危険性が高いことが挙げられる。このような社会的要因が水害危険性を助長することは容易に想像できる。それにもかかわらず、社会的要因と水害危険性の関係性についての定量的な評価や社会的要因と自然的要因の両者を指標とした水害対策の実績は著者らが知る限りこれまで存在しないようである。

現在、我が国では人口減少と気候変動の両者に適応した社会構造の再構築が急務となっている。このため、水害に対する社会的要因の定量化は困難とは言うものの、現在の一般的な指標である自然的要因と社会的要因の両者を指標とした実効性の高い水害対策の確立が不可欠となる。

本研究では、土地利用と人口密度の二つを社会的要因の指標と定義し、まず、社会的要因の経年変化に対して水害危険性がどのように変化したかを調査した。次に信濃川下流域における今後の水害対策がどうあるべきか検討した。

## 2 調査概要

### 2.1 調査対象時期

大河津分水路は、越後平野を信濃川の氾濫から守るために造られた人工河川で、特に信濃川下流域の水害の危険性を大きく軽減する役割を果たしている。このことに着目して、調査対象時期は大河津分水路通水後を調査時期の起点として、変化が大きかったことが推測される。高度経済成長期を含む現在までを対象とした。

表-1 調査使用データ一覧

データ種別	データ所有者	測量・撮影時期	備考
地形図	国土地理院	明治44年	大河津分水通水前の基盤データに利用
地形図	国土地理院	昭和6年	大河津分水通水後の基盤データに利用
地形図	国土地理院	昭和27～28年	大河津分水通水後の基盤データに利用
航空写真	国土地理院	昭和20～25年	戦後の基盤データに利用
航空写真	国土地理院	昭和45～50年	高度経済成長期の基盤データに利用
航空写真	国土地理院	平成19年以降	現在基盤データに利用
航空写真	新潟県	平成23年	現在基盤データに利用

## 2.2 調査方法

### 2.2.1 土地利用状況の調査

調査に用いたデータは、国土地理院が所有する地形図と航空写真、新潟県が所有する航空写真データを使用した。社会的な変遷と使用したデータの所得年の対応関係は、表-1の通りである。

今回の調査に用いる地形図は旧版地図のため、紙媒体の謄本を入手した後にスキャナーで読み込みを行なった。また、航空写真は国土地理院地理院地図<sup>1)</sup>より入手した。ただし、2007年以降の国土地理院の航空写真データは三条、加茂、弥彦地域の一部で提供されていないため、その部分については新潟県が所有する航空写真を使用した。ただし、これらの地形図と航空写真は図画単位で提供され、連続した平面的な情報の取得が容易でないため、つなぎ合わせ処理を行った。また、住宅地の判読は、場所や時代ごとに色調が異なり、コンピュータで自動認識できないことから目視により判読して面積の集計を行った。

### 2.2.2 人口密度の調査

調査に用いるデータは総務庁統計局所有の国勢調査データ<sup>2) 3)</sup>及び総務省統計局所有の国勢調査データ<sup>4)</sup>を使用する。データの集計は、新潟市合併前の旧市町村単位で行う。人口密度については、集計した人口を2.2.1で求めた宅地面積で除して算出した後、時代毎に集計を行った。

## 3 調査結果

### 3.1 土地利用状況の変化

土地利用状況の経年変化について、大河津分水路通水前から戦後までの変化、戦後から高度経済成長期の変化、現在までの変化の3つの時期に分けて比較した。

#### 3.1.1 大河津分水路通水前から戦後の変化

図-1は、大河津分水路通水前後での比較を目的にした明治44年から昭和6年までの、また図-2は、大河津分水路通水後から戦後までの昭和6年から昭和27年までの間での信濃川下流域全体の宅地等の増加状況を示している。

図-1に示した通水前後を比較すると、信濃川河口部の川幅が狭くなり開発が進んでいることが確認できる。これは大河津分水通水後の翌年からの信濃川下流区間の埋め立て工事及び新潟港の改修によるものと思われる。本研究が注目する宅地等の土地利用の増加は図上からは確認できなかった。これらのことから、大河津分水路前後においては、水害危険性の要因となる水田から住宅地への転用はほぼないと考えられる。

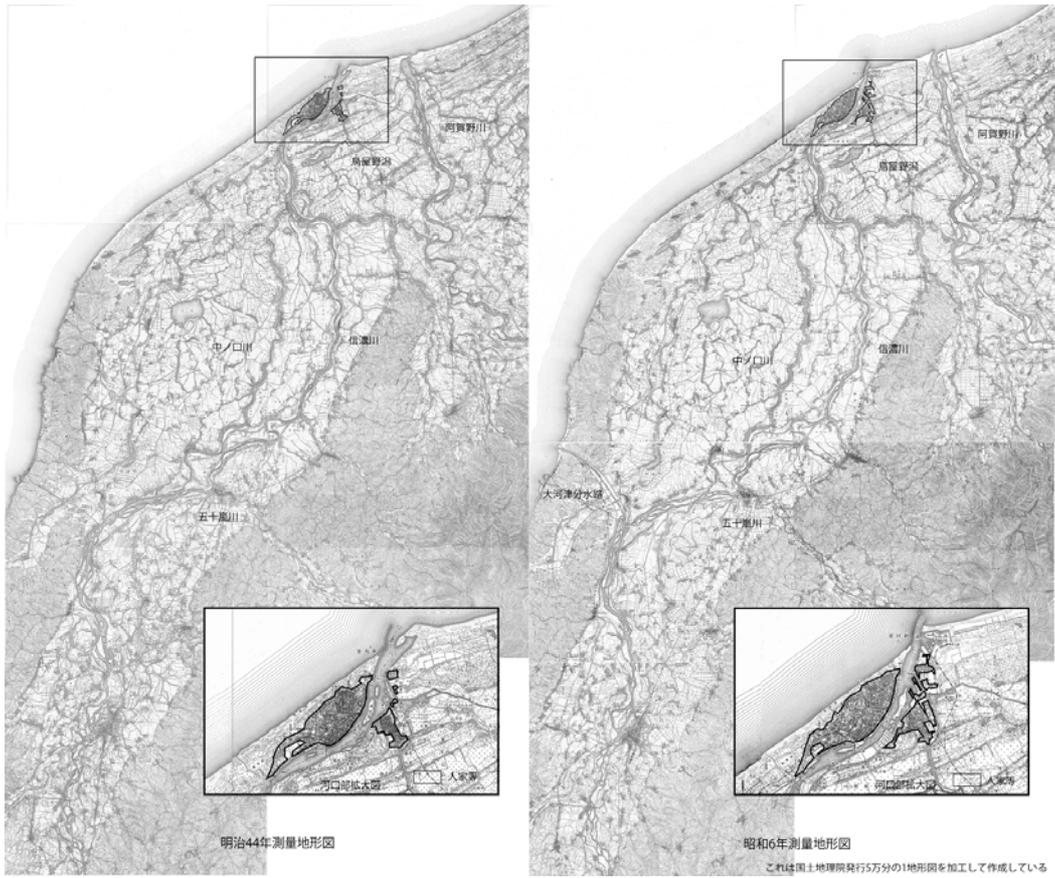


図-1 明治44年から昭和6年にかけての宅地等の開発の経時変化

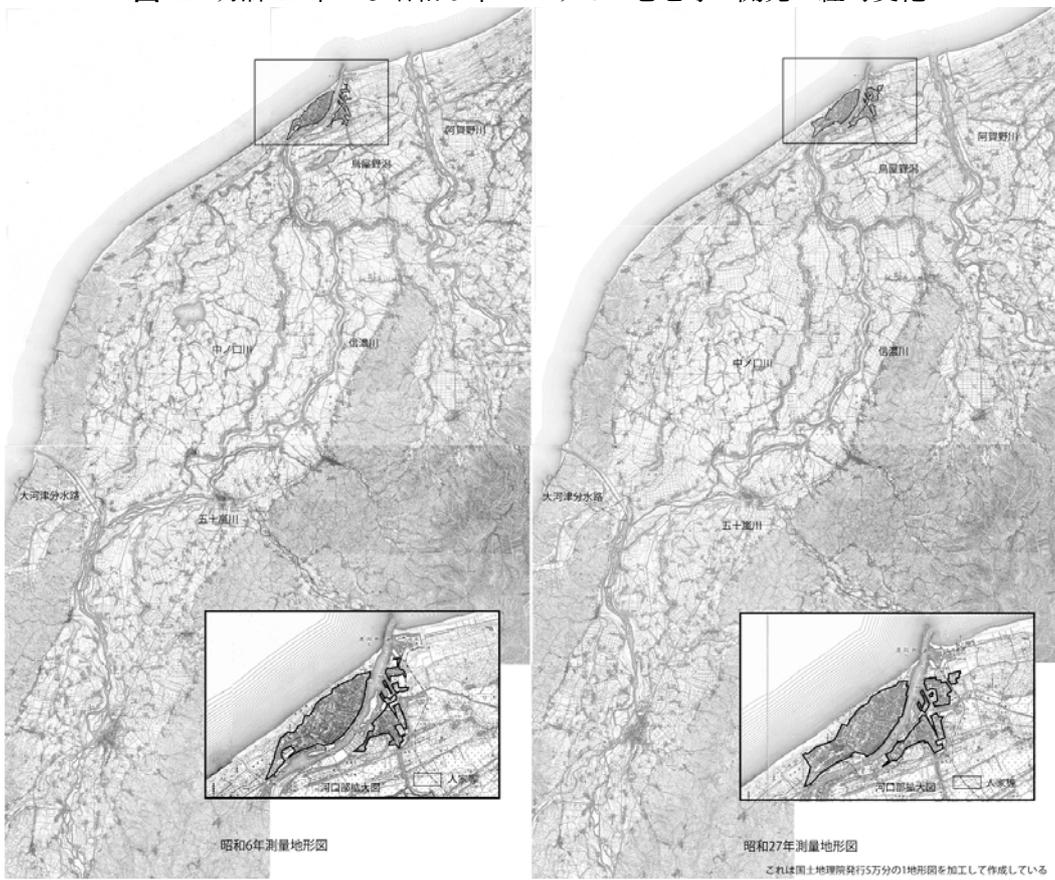


図-2 昭和6年から昭和27年にかけての宅地等の開発の経時変化

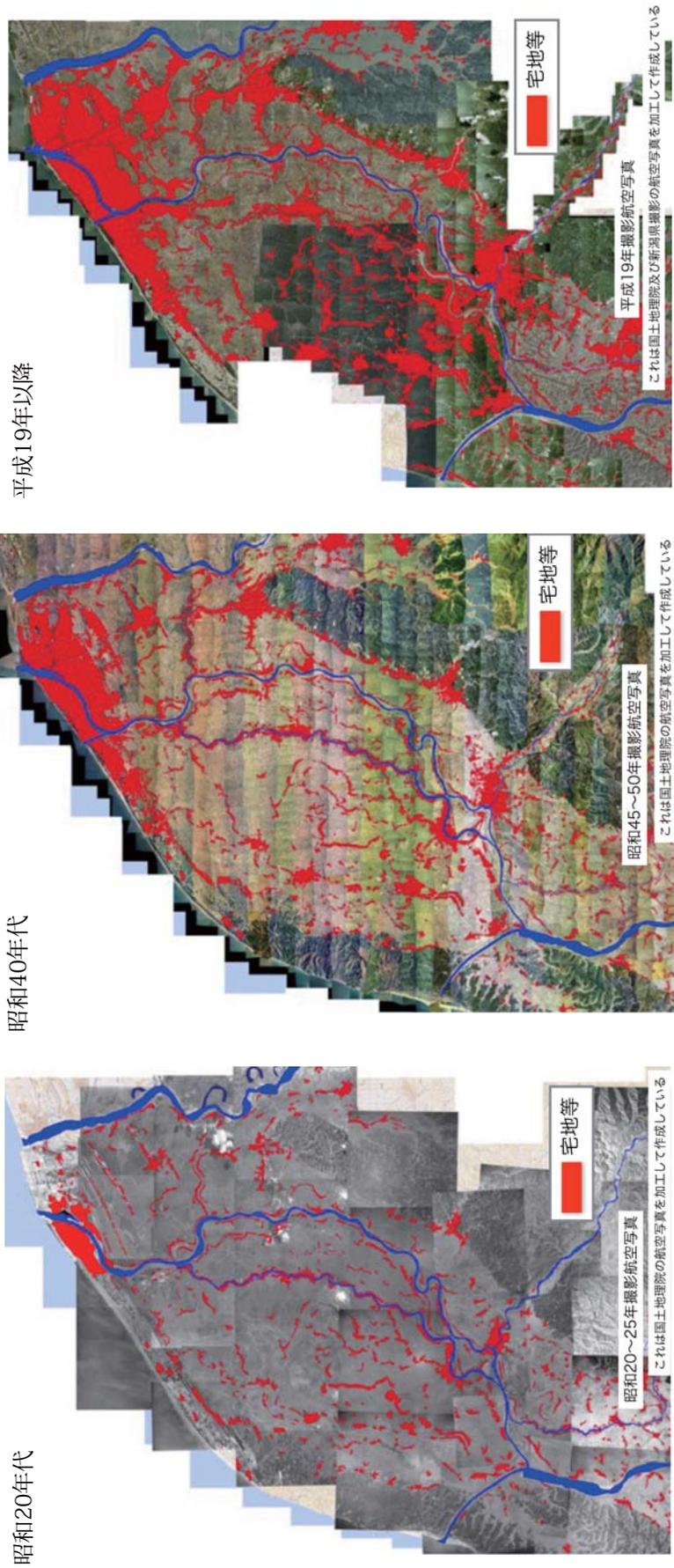


図-3 昭和20代, 昭和40年代, 平成19年以降における宅地等の開発の経時変化

図-2に示した大河津分水路の通水後から戦後までの変化を見てみると、河口部の左右岸に宅地等の開発が進んでいるのが確認できる。左岸部は関屋方面へ、右岸部は沼垂へ、また山ノ下方面へ開発が進んでいる。面積としては約1.2倍に増加しており、主に河口部の開発が進んでいることが確認できるが、下流域全体をみると、開発地域が一部分のみであることから、明治44年から昭和6年と同様に水害危険性の要因となる目立った宅地の転用はほぼないと判断した。

### 3.1.2 戦後からいざなぎ景気後までの変化

戦後から現在までの比較は航空写真をつなぎ合わせた基盤図により比較を行う。図-3は戦後の航空写真をつなぎ合わせ基盤図、いざなぎ景気後の航空写真をつなぎ合わせ基盤図である。着色されている部分が宅地等を示した場所であり、これらを比較すると、宅地等が大幅に増加していることが確認できる。戦後の信濃川下流域の宅地等の面積が約126.6km<sup>2</sup>であるのに対し、いざなぎ景気後の宅地等は約301.2km<sup>2</sup>と約2.4倍に増加している。特に信濃川河口部や中ノ口の河川沿い、五十嵐川河口部については堤内地側へ開発が進み、この3箇所ですべて開発面積の半数以上となっている。このことから、この時期に河川に沿った水害危険性の高い地域が急速に増加したことが分かる。

### 3.1.3 いざなぎ景気後から現在まで

図-3中の一つ目の図は平成19年以降に撮影された航空写真をつなぎ合わせ基盤図である。いざなぎ景気後から比較すると、戦後からいざなぎ景気後の変化と同様に信濃川河口部、中ノ口の河川沿い及び五十嵐川河口部で宅地等の開発が進んでいるのが確認できる。宅地等の面積が約431.7km<sup>2</sup>となりいざなぎ景気後から約1.4倍増加している。特に信濃川河口部は約1.6倍に増加していることから、この一帯において局所的な開発が進んでいることがわかる。戦後からいざなぎ景気後ほど宅地開発の進行はそれほど早くないが、35年あまりで宅地面積は40パーセントほどに増加している。

## 3.2 人口密度の変化

図-4は、戦後から現在までの新潟県内の人口の推移である。戦後から1990年頃まで人口の増減を繰り返した後に人口が減少し続け、戦後から現在までに約8万5千人減少している。

図-5は、信濃川河口部及び中ノ口川沿河の旧市町村を合併した後の新潟市の人口の推移、図-6は、五十嵐川河口部の旧市町村を合併した後の三条市の人口の推移である。合併後の新潟市は現在に至るまで人口が増え続け、戦後から現在までに約28万人増加している。三条市は1985年に人口のピークが来てから人口が減少し続けているが、戦後から現在までに約6千人増加している。なお、人口密度の変化は合併後の新潟市、三条市の人口の集計では信濃川河口部、中ノ口川沿河、五十嵐川河口部の人口の変化が分からないため、合併前の市町村の人口データを用いて調査を行った。

### 3.2.1 信濃川河口部の変化

表-2は、信濃川河口部にある旧市町村単位での人口の変化及び人口密度を示している。この結果を見ると、旧市町村単位でも戦後から人口が増加し続けていることがわかる。人口密度を見てみると1950年は8,985(人/km<sup>2</sup>)であるのに対し、1980年は5,593(人/km<sup>2</sup>)、2000年は4,207(人/km<sup>2</sup>)と減少している。これは人口は増加しているが、それ以上に宅地等の面積が増加しており、宅地等の資産は時代とともに空間的に拡散する傾向にあることを示している。

### 3.2.2 中ノ口沿河の変化

表-3は、中ノ口沿河にある旧市町村単位での人口の変化及び人口密度を示している。この結果を見ると、旧市町村単位で見ると、信濃川河口部、五十嵐川河口部に近い黒崎と燕が増加しているが、それ以外の旧市町村は減少していることがわかる。中ノ口の河川沿い全体で見ると戦後より増加し

ている。人口密度を見てみると1950年は4,059(人/km<sup>2</sup>)であるのに対し、1980年は3,043(人/km<sup>2</sup>)、2000年は2,069(人/km<sup>2</sup>)と減少している。これも先ほどと同様に人口は増加しているが、それ以上に宅地等の面積が増加しており、前項と同様に宅地等の資産は時代とともに空間的に拡散する傾向にあることを示している。

### 3.2.3 五十嵐川河口部の変化

表-4は、五十嵐川河口部にある旧市町村単位での人口の変化を示している。この結果を見ると、旧市町村単位でも戦後から1980年頃まで人口が増加し、その後減少しているが、戦後に比べると約6千人増加している。人口密度を見てみると1950年は14,347(人/km<sup>2</sup>)であるのに対し、1980年は5,941(人/km<sup>2</sup>)、2000年は3,135(人/km<sup>2</sup>)と減少している。これも先ほどと同様に人口は増加しているが、それ以上に宅地等の面積が増加しており、宅地等の資産は時代とともに空間的に拡散する傾向にあることを示している。

## 4 考察

### 4.1 土地利用状況の変化

前章までの土地利用状況の調査結果をまとめると、大河津分水通水前後では大河津分水路工事に伴う信濃川の埋立工事、新潟港の工事に起因した河口部の開発が見られ、その後戦後までは河口部の開発が確認できたものの宅地等の大きな開発は見られなかった。戦後からいざなぎ景気後までは河口部の左右岸に宅地等の開発が進み、面積が1.2倍に増加していることが確認された。それから現在までは信濃川河口部、中ノ口川、五十嵐川河口部を中心に開発が進んでいることが確認された。開発の状況を見ると、大河津分水設置から戦後までは主に信濃川河口部中心の開発が進み、その後は中ノ口川、五十嵐川河口部に広がっている。戦後から現在までの宅地等の面積は163.2km<sup>2</sup>から431.7km<sup>2</sup>と約3.4倍に増加して、戦後70年で水害危険性のある資産等が大きく増加したことがわかる。

### 4.2 人口及び人口密度の変化

人口及び人口密度の調査結果を概括すると、宅地等の開発が大きかった信濃川河口部、中ノ口沿河については戦後から現在まで人口の増加が継続していることがわかった。五十嵐川河口部は1985年をピークに減少しているものの、戦後に比べると現在の方が人口が多いことがわかった。

人口密度を見ると3箇所とも戦後から減少していることが判明した。宅地等の開発の進行は、人口増加への反応というよりは、経済的な発展による住宅の取得の拡大、第一次産業である専業農家を主体とした就業構造から第三次産業のサービス業への変遷が大きく寄与していることが推測される。この点については別途の報告の機会に設ける予定である。また、図-7は戦後から現在までの標高と宅地等の位置関係を示したものである。標高色は黒くなるにつれて地盤高が低くなっている。これを見ると、信濃川河口部の標高が低いことがわかる。戦後からいざなぎ景気後そして現在に至るまで信濃川河口部の開発が著しく、ゼロメートル地帯に宅地開発が集中していることが見てとれる。このことから現在になるにつれ住宅地等が浸水の危険性がより高まっていることが確認された。

## 5 信濃川下流域県管理河川における今後の水害対策について

本研究では、土地利用と人口密度に着目して水害危険性がどのように変化したかを調査した。土地利用状況は信濃川河口部、中ノ口沿河、五十嵐川河口部と河川に沿った土地の開発が進んでいることが明らかとなった。人口密度を見ると現在になるにつれ人口密度が減少し、資産が空間的に拡散する傾向であることが明らかとなった。資産の集積と標高の関係を見てみると、標高ゼロメートル地帯に

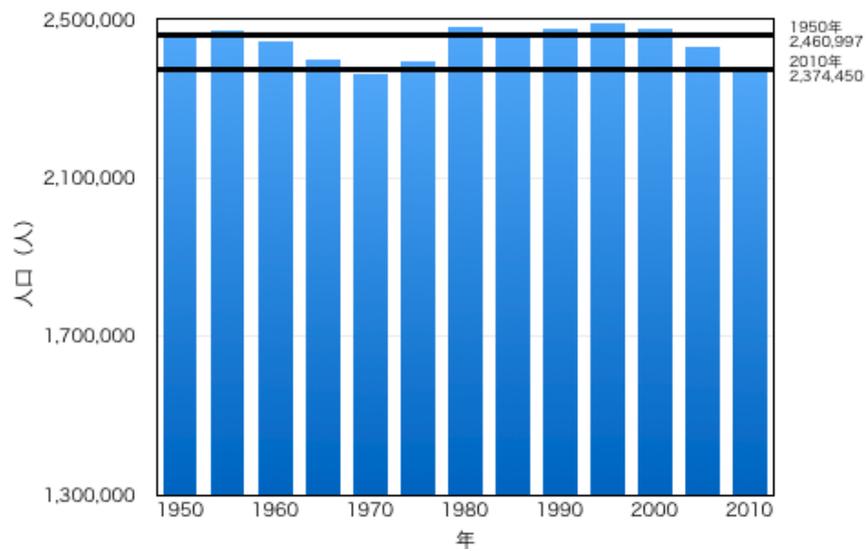


図-4 新潟県内の人口の推移

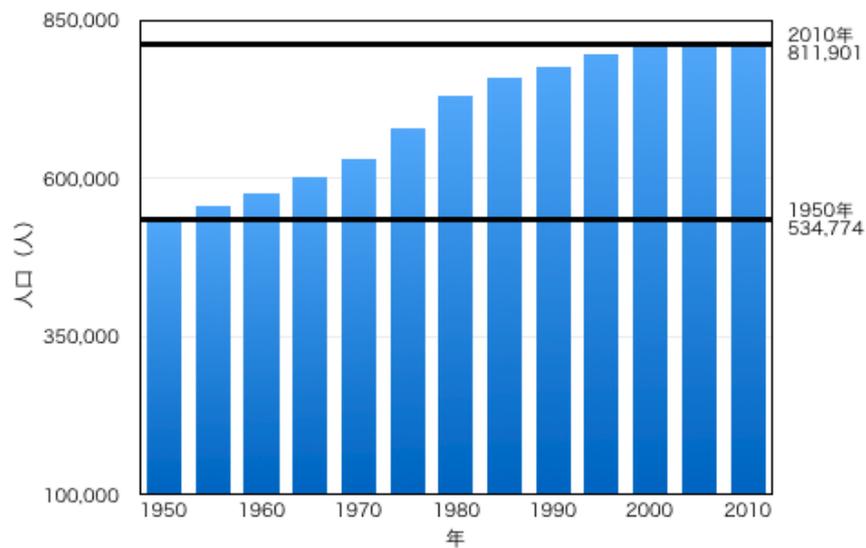


図-5 新潟市（合併後）の人口の推移

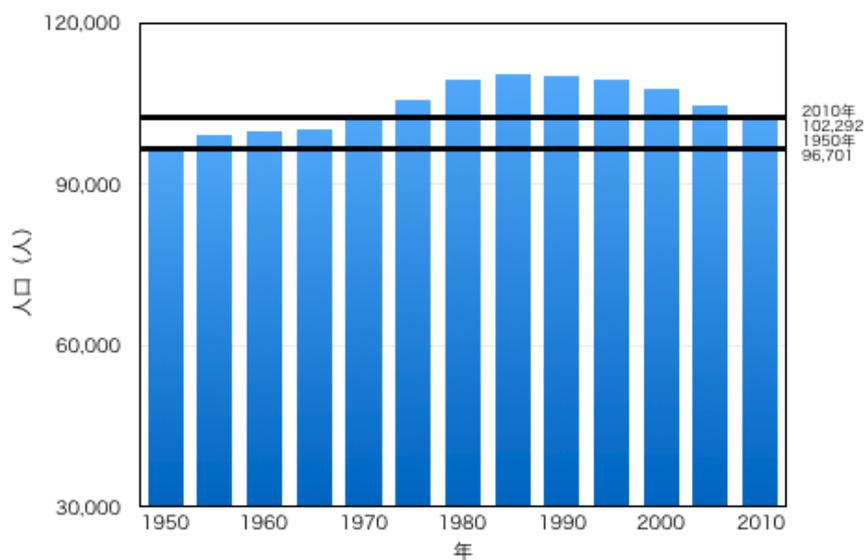


図-6 三条市（合併後）の人口の推移

表-2 信濃川河口部の時代別人口

旧市町村名	1950年	1980年	2000年	備考
新潟市 (人)	243,266	457,690	501,431	
両川村 (人)	5,961			1957年新潟市合併
曾根木村 (人)	4,246			1957年新潟市合併
内野村 (人)	10,274			1960年新潟市合併
赤塚村 (人)	5,438			1961年新潟市合併
中野小屋村 (人)	5,438			1961年新潟市合併
亀田町 (人)	19,186	26,461	32,061	
合計 (人)	<b>293,809</b>	<b>484,151</b>	<b>533,492</b>	
人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	<b>8,985</b>	<b>5,593</b>	<b>4,207</b>	人口/宅地等の面積

表-3 中ノ口沿河の時代別人口

旧市町村名	1950	1980	2000	備考
黒崎 (人)	13,440	20,005	25,893	2001年新潟市合併
白根 (人)	36,625	33,187	40,012	2005年新潟市合併
味方 (人)	6,085	4,921	4,805	2005年新潟市合併
潟東 (人)	7,791	6,198	6,454	2005年新潟市合併
月潟 (人)	4,550	3,760	3,831	2005年新潟市合併
中之口 (人)	7,484	6,417	6,483	2005年新潟市合併
燕 (人)	30,863	44,236	43,480	
合計 (人)	<b>106,838</b>	<b>118,724</b>	<b>130,958</b>	
人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	<b>4,059</b>	<b>3,043</b>	<b>2,069</b>	人口/宅地等の面積

表-4 五十嵐川河口部の時代別人口

旧市町村名	1950	1980	2000	備考
三条市 (人)	65,775	85,275	84,447	
下田町 (人)	17,292	12,911	11,430	2005年三条市合併
栄町 (人)		11,243	11,785	2005年三条市合併
福島村 (人)	8,138			1956年栄町となる
大面村 (人)	5,496			1956年栄町となる
合計 (人)	<b>96,701</b>	<b>109,429</b>	<b>107,662</b>	
人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	<b>14,347</b>	<b>5,941</b>	<b>3,135</b>	人口/宅地等の面積

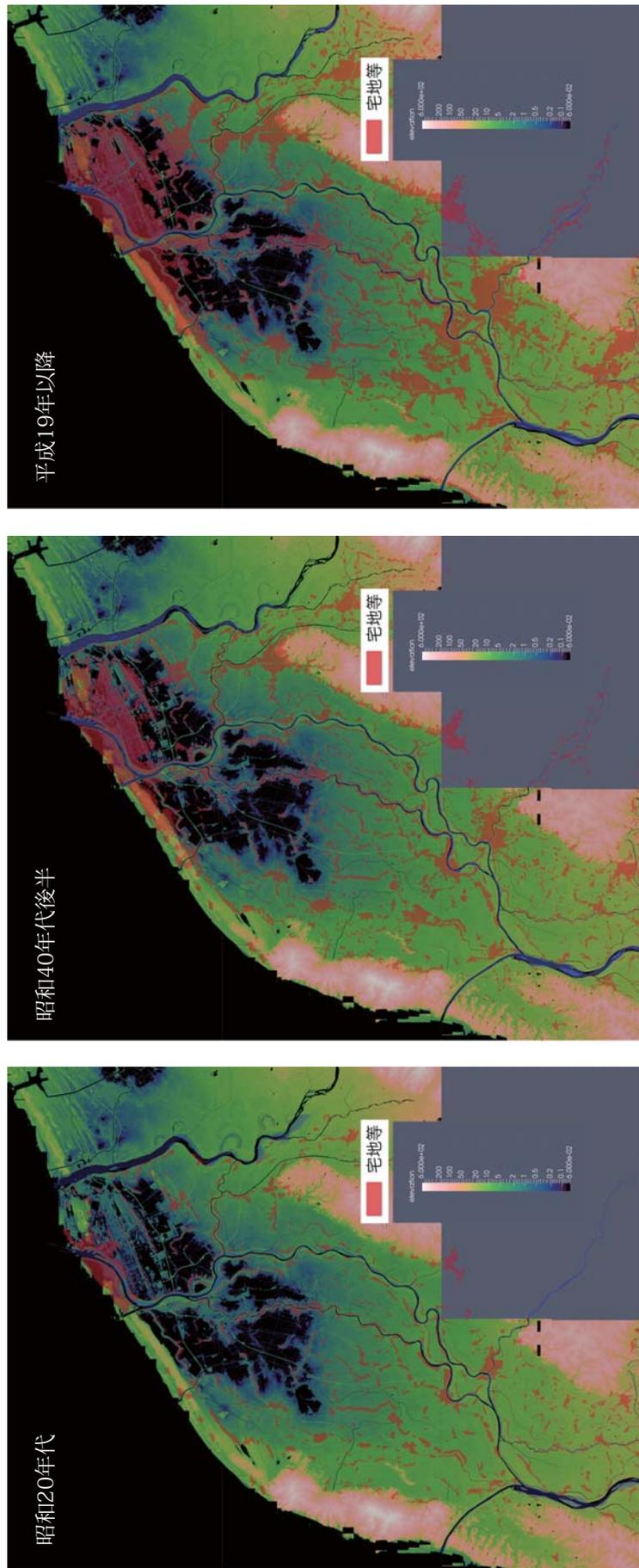


図-7 昭和20年代, 昭和45年から50年, 平成19年以降の標高と住宅地の対応関係

資産が散在していることが明らかとなった。

今後の人口減少とそれに伴う公共事業費の逼迫状況を考えると、これまでのように河川に沿った土地を一律に防御することを目的として河道内に洪水流を押し込むための河道拡幅や築堤等の対策では莫大な時間と費用がかかり、拡散した資産を全て守ることは非効率かつ事実上不可能であると考えられる。そのため、今後は河道から溢れさせない対策に加え、信濃川下流域においても国土交通省の水災害意識社会の再構築ビジョンと同様に溢れても被害が最小限となる対策に方向転換する必要がある。以上のことを踏まえ、今後の治水対策として以下のことを提案する。

一つ目として、洪水流を全て流すのではなく、信濃川下流域に特有である地形特性を活かした洪水流を貯めピーク流量を低減する治水対策を行う。平成16年及び平成23年新潟福島豪雨において新潟県では刈谷田川及び五十嵐川に遊水地を設置し、洪水を貯める施設を設置している。今後はこのような施設や休耕田に洪水流を流すことにより下流への負荷が低減され、資産が多く形成されている信濃川下流域の洪水低減に繋がると考えられる。今後、洪水の貯水規模やその設置位置については、水文解析および水理解析を組み合わせることで定量的な提案を提示する予定である。

二つ目として、ソフト対策の充実である。平成27年9月関東・東北豪雨における鬼怒川の破堤氾濫の事例から、洪水に対するソフト対策の重要性が再認識された。そのソフト対策を充実させるには、数千kmに及ぶ新潟県の河川において、観測情報をリアルタイムに提供する必要がある。しかし、全ての管理河川に水位計を設置し、情報を提供するには莫大な時間と費用がかかることが容易に推測され、経済性、安全性、実現性の三者に優れた河川の総合的なモニタリングシステムが要求される。この要求に対し、ICT分野においては急速にIoTを用いたセンシング技術の活用が本格化してきており、河川管理においてこれらセンシング技術の導入により、高密度かつ高精度な監視情報の取得と迅速な提供の実現性は高い。これらの技術を積極的に活用したシステム開発の推進は、河道の管理延長が国内でも有数の総延長をほこる新潟県においては、水害危険性の軽減のための極めて効果的な対策の実現に繋がると考えられる。上記までの提案を推進により、今後の時代のニーズに即した実効性が高い水害対策の実現が期待できる。

## 参考文献

- 1) 国土地理院地理院地図, <http://maps.gsi.go.jp>
- 2) 統計庁統計局：昭和30年国勢調査 第7巻都道府県編その15, 1955.
- 3) 統計庁統計局：昭和60年国勢調査 第2巻その2 15新潟県, 1985.
- 4) 統計省統計局：平成17年国勢調査 第2巻その2 15新潟県, 2005.